

MONITORAMENTO INDOOR DE BIOAEROSSÓIS DE ORIGEM FÚNGICA, NAS DEPENDÊNCIAS DA FATEC-PG.

BIOAEROSOLS INDOOR MONITORING OF FUNGAL ORIGIN, AT FATEC-PG DEPENDENCES.

NASCIMENTO, THALITA SANTOS ⁱ
MACEDO, FERNANDA DE MENDONÇA ²ⁱⁱ

RESUMO

Os fungos são comuns no ar e podem representar riscos para a saúde humana. Os fungos, conhecidos como bioaerossóis fúngicos, têm o potencial de desencadear manifestações alérgicas respiratórias e infecções oportunas quando inaladas. Ambientes contaminados por esses bioaerossóis podem abrigar fungos produtores de toxinas, representando um risco especialmente para indivíduos imunossuprimidos. O objetivo deste estudo é avaliar a qualidade microbiológica do ambiente estudantil na Fatec de Praia Grande.

A coleta de amostras de ar foi realizada em colaboração com o Laboratório de Micologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL). As amostras coletadas em placas de Petri, contendo meio de cultura, tiveram o auxílio do amostrador microbiológico de ar MAS – 100NT, cujo dispositivo foi projetado para capturar partículas suspensas no ar, incluindo microrganismos.

As placas coletadas foram encaminhadas ao IAL, onde foram incubadas, permitindo o isolamento dos fungos presentes nas amostras e a subsequente identificação.

PALAVRAS-CHAVE: Bioaerossóis. Fungos. Qualidade do ar.

ⁱ Fatec – Praia Grande thalita.nascimento2@fatec.sp.gov.br

ⁱⁱ Doutora em Ciências de Sensoriamento Remoto da Atmosfera pela Universidade de São Paulo, Mestra em Ciências Biotecnologia pela USP

ABSTRACT

Fungi are common in the air and can pose risks to human health. Fungi, known as fungal bioaerosols, have the potential to trigger respiratory allergic manifestations and timely infections when inhaled. Environments contaminated by these bioaerosols may harbor toxin-producing fungi, representing a risk especially for immunosuppressed individuals. The objective of this study is to evaluate the microbiological quality of the student environment in Fatec de Praia Grande.

Air samples were collected in collaboration with the Mycology Laboratory of the Adolfo Lutz Institute (IAL). The samples collected in Petri dishes, containing culture medium, had the help of the microbiological air sampler MAS - 100NT, whose device was designed to capture suspended particles in the air, including microorganisms.

The collected plates were sent to the IAL, where they were incubated, allowing the isolation of the fungi present in the samples and subsequent identification.

KEYWORDS: *Bioaerosols. Fungi. Air quality.*

INTRODUÇÃO

Durante a última década, muitos estudos tiveram progressos significativos na compreensão das causas e implicações de nosso ambiente, no que diz respeito à atmosfera. Os bioaerossóis (vírus, bactérias, esporos fúngicos e pólenes) são fundamentais na reprodução de plantas e microrganismos, os quais a atmosfera possibilita o transporte através das fronteiras e longas distâncias (BROWN JKM, 2002; Burrows SM, 2009a, 2009b; DESPRÉS VR, 2012; WOMACK AM, 2010). Por este motivo, os bioaerossóis possuem grande importância na difusão genética entre habitats e mudança geográfica de biomas, contribuindo como elementos principais no desenvolvimento, evolução e dinâmica dos ecossistemas.

A qualidade do ambiente interno é uma preocupação de saúde pública devido ao estilo de vida contemporâneo, com a maior parte do tempo das pessoas sendo gasto em ambientes fechados. A presença de poluentes atmosféricos, produtos químicos e agentes biológicos nesses locais contribui para essa crescente inquietação em relação à saúde. A formação de aglomerados fúngicos e bacteriológicos no ambiente é influenciada por fatores ambientais, como temperatura, umidade,

ventilação, disponibilidade de substratos orgânicos, condições climáticas e variação sazonal. Além disso, fatores físicos, como a morfologia, tamanho e densidade das partículas, também contribuem para o aumento desses organismos no ambiente. (KALLAWICH K, 2019; ZIEHE, 2014; BOFF, 2011).

A contaminação fúngica é notável devido à síntese de micotoxinas. Em condições ideais de oxigênio, temperatura e umidade, fungos filamentosos se proliferam e geram metabólitos secundários, denominados micotoxinas, que possuem um amplo espectro de efeitos tóxicos (PELUQUE, 2014).

A presença de fungos patogênicos e toxigênicos em ambientes fechados é considerada inaceitável pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Assim, é imperativo realizar monitoramento e implementar medidas de controle para assegurar a qualidade do ar e a saúde pública (ANVISA, 2010).

As discrepâncias nos gêneros de fungos identificados em estudos variam devido a diversas razões, como as metodologias de amostragem empregadas, a localização geográfica da pesquisa e as abordagens analíticas adotadas (GAMBALE, 1983).

A concentração de fungos é afetada por vários fatores, como temperatura, umidade relativa do ar, horários diários, padrões de vento, atividades humanas e o sistema de climatização em ambientes fechados. Esses fatores variam entre regiões e ambientes, o que contribui para diferenças nos resultados. Portanto, a diversidade de gêneros fúngicos em estudos pode ser influenciada pela interação de fatores ambientais e metodológicos na coleta e análise de dados. É crucial considerar esses aspectos ao interpretar e comparar estudos sobre fungos anemófilos (TÁVORA, 2003; HYVÄRINEN, 1995).

Estudos sobre fungos são conduzidos devido à relevância das doenças que esses microrganismos podem causar. Doenças associadas à qualidade do ar em ambientes internos já são uma das principais causas de pedidos de afastamento do trabalho, tanto nos Estados Unidos quanto na Europa. Essas pesquisas têm como objetivo aprofundar o entendimento da presença e disseminação de fungos, além de desenvolver estratégias de prevenção e controle para mitigar os riscos à saúde associados a eles (QUADROS, 2009).

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1.1 Bioaerossóis de origem fúngica

Os bioaerossóis também são conhecidos como aerossóis biogênicos primários, os quais são expostos diretamente da biosfera para atmosfera. Alguns exemplos de bioaerossóis são os pólenes, bactérias, fungos, esporos, vírus, fragmentos de animais e plantas. Os bioaerossóis pertencem à fração grosseira do material particulado do ar, com diâmetros aerodinâmicos até $100\mu\text{m}$, podendo ser encontrados no intermediário e frações finas, com diâmetro aerodinâmico inferior a $10\mu\text{m}$, $2,5\mu\text{m}$ e de $1\mu\text{m}$. Esporos fúngicos, bactérias, vírus e proteínas são normalmente detectados neste intervalo (de tamanho ($10\mu\text{m} - 1,0\mu\text{m}$), ou seja, na fração respirável das partículas de ar, sendo extremamente relevante para efeitos de saúde pública e interações com poluentes gasosos (DESPRÉS VR, 2007; PÖSCHL U, 2005) Doenças infecciosas e não infecciosas causadas por bioaerossóis estão sujeitas não apenas em suas características biológicas e composição química, mas também no número de partículas inaladas e sítio de depósito no sistema respiratório (PASTUSKA JS, 2000).

A ocorrência e a dispersão de bioaerossóis viáveis como bactérias e esporos em nossa atmosfera são muito discutidas e investigadas. Aviões, balões e as medições de foguetes apresentaram que os bioaerossóis não são unicamente onipresentes em terra e oceanos, mas também em elevadas altitudes (até 80 Km) e em longas distâncias (ELBERT W, 2007). Foram encontrados cerca de 30% de bioaerossóis, da massa total de ar, em partículas finas e grossas em suspensão na atmosfera rural (MP_{2,5}) e na atmosfera de floresta tropical (MP₁₀,) (ELBERT W, 2007), onde dominam não só a fração orgânica, mas também a abundância de espécies inorgânicas, como potássio. Penner (1995) estimou 56 Tg.ano⁻¹ de fragmentos de plantas e microrganismos para uma taxa de emissão global de partículas finas ($<2,5\mu\text{m}$) e, Janenicke (2005) estimou que emissões de bioaerossóis, a partir da biosfera,

poderiam atingir ~1000 Tg.ano⁻¹, que seria da mesma ordem de grandeza que as emissões de poeira mineral.

Com relação aos aspectos legais, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da resolução nº3, de junho de 1990, estabeleceu os padrões de qualidade do ar em ambiente externos. Caso esses padrões sejam ultrapassados, poderão afetar a saúde, segurança e o bem-estar da população. No tange às partículas inaláveis, os padrões primários e secundários são concentrações médias anuais de 50 µg.m⁻³ e 150g.m⁻³.dia⁻¹, os quais não deverão ser ultrapassados, pois poderão causar riscos à saúde, segurança e bem-estar da população (CONAMA, 1990). Com relação aos bioaerossóis, as publicações sobre a presença destes na atmosfera das cidades brasileiras ainda são extremamente reduzidas (GOMPERTZ OF, 1999).

A inalação bioaerossóis de origem fúngica pode levar a doenças do trato respiratório superior e inferior, como alergias e asma. Crianças e indivíduos imunocomprometidos de todas as idades são particularmente mais suscetíveis. Os fungos comumente encontrados em bioaerossóis nos ambientes incluem *Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp. e *Paecilomyces* spp. A presença desses fungos é utilizada como um indicador da qualidade do ar em ambientes fechados podendo causar reações alérgicas e infecções respiratórias (LACAZ, 2002). Esses organismos estão amplamente distribuídos e são adaptáveis a diversas condições, como variações de temperatura, umidade, pH e concentrações de oxigênio. Portanto, eles podem ser encontrados facilmente em ambientes internos e em qualquer lugar que proporcione as condições necessárias para o seu desenvolvimento (LACAZ, 2002).

1.1.2 Impacto na Saúde humana

Os fungos anemófilos em ambientes internos, especialmente em locais climatizados, representam potenciais riscos à saúde humana. Mesmo fungos considerados não patogênicos podem desencadear infecções e doenças ocupacionais. Normativas como a Resolução RE nº 9/2003 da Anvisa estabelecem limites para a contaminação fúngica do ar em ambientes fechados.

A umidade favorece a concentração de fungos, mas o excesso prejudica o transporte de partículas biológicas. Luz solar e vento, por outro lado, contribuem para a dispersão

de esporos. A exposição a esses esporos aumenta o risco de crises alérgicas, e estudos associam aeroalérgenos fúngicos a doenças respiratórias.

Além de reações alérgicas, infecções fúngicas podem ser desencadeadas por fungos anemófilos em ambientes internos. Assim, a presença desses fungos não apenas afeta a qualidade do ar, mas também implica diretamente na saúde respiratória, exigindo medidas preventivas para minimizar os riscos associados.

A exposição contínua a bioaerossóis e partículas fúngicas representa um potencial risco ocupacional biológico para os seres humanos em suas atividades pessoais e profissionais. Concentrações elevadas de esporos no ar podem resultar em hipersensibilidade do trato respiratório, aumentando os sintomas associados à síndrome do edifício doente (SED). Estes sintomas incluem pneumonia, rinites, sinusites alérgicas, falta de concentração e fadiga (SUEHARA, 2022).

2 METODOLOGIA

2.1.1 Local de coleta

Este estudo foi realizado nas dependências da Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo, unidade Praia Grande (FATEC-PG), em três ambientes distintos (sala de aula 1 – bloco 2, pátio e laboratório de Química) onde circulam aproximadamente 1450 alunos e 124 funcionários (professores e administrativo), nos períodos matutino, vespertino e noturno, de segunda-feira a sábado.

Esse número elevado de pessoas ajuda a semear biologicamente o ambiente, levando e trazendo material biológico de diferentes esferas de convívio, com diferentes contextos.

A FATEC-PG está localizada na região da Baixada Santista, no município de Praia Grande, possuindo um clima tropical litorâneo úmido. Os verões são quentes e úmidos (com pluviosidade média acima dos 250 mm no mês de janeiro), enquanto os invernos têm como característica temperaturas mais amenas e menor incidência de chuvas (pluviosidade média em torno dos 55 mm em agosto). Primavera e outono se caracterizam como estações de transição. A precipitação média anual é de 3.207 mm, com permanente excedente hídrico no solo. É frequente no verão, sob ventos de noroeste, as temperaturas ultrapassarem os 35°C durante a tarde, especialmente nas áreas mais urbanizadas e afastadas do mar, podendo chegar a 40°C. No inverno, a penetração de massas de ar polar vindas do Sul ocasiona, pelo menos uma vez por

ano, temperaturas em torno dos 10°C. A maior temperatura registrada na cidade foi de 42,3°C, em novembro de 2023, enquanto a menor foi de 4,3 °C, em 2 de agosto de 1955 (VARGAS, 2005).

Visto que esses microrganismos se adaptam a várias condições ambientais e podem ser transportados pelo vento, ou simplesmente pelo deslocamento de ar, a coleta foi realizada em meados de dezembro de 2022.

2.1.2 Metodologia de coleta

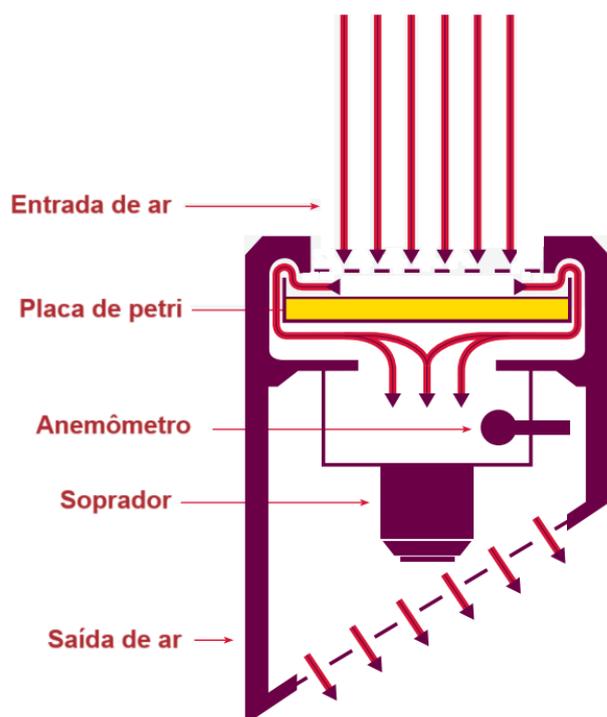
Para este estudo foram utilizados os seguintes equipamentos para apoio dos dados:

- Amostrador microbiológico de ar MAS – 100NT (Merck)
- Detector de qualidade do ar M2000 Temtop (Vectus)

2.1.2.1 Amostrador microbiológico de ar MAS – 100NT

O sistema de monitoramento microbiológico do ar MAS-100 (Figura 1), é um instrumento de elevado desempenho, no qual o ar ambiente é aspirado através de uma tampa perfurada e impactado na superfície do meio de crescimento em placas de Petri padrão de 90-100 mm ou placas de contato de 55-60 mm (Figura 2). Os microrganismos aderem aos meios de cultura (MEIER & ZINGRE, 2000; YAO E MAINELLIS, 2006) e, após um período de incubação adequado (30°C ± 2°C, por 7 dias), as colônias são contadas (Figura 2). O sistema mede o influxo de ar foi regulado a um valor constante de 100 litros/minuto. Os volumes de amostragem também podem ser facilmente configuráveis entre 1 e 2.000 litros. As unidades têm uma velocidade de fluxo de ar horizontal de 0,45 metros por segundo e taxa de fluxo isocinético que não produzirá turbulência em um ambiente de fluxo laminar. A função SQS permitirá volumes de amostragem menores por longos períodos. Um atraso de início programável de até 60 minutos permite que o operador esteja fora da área de amostragem quando a amostragem é iniciada e um alarme sonoro indica a interrupção de um ciclo de amostragem. Os dados são carregados por uma porta de comunicação de USB. Isso permite o download fácil de atualizações de software e fácil comunicação com programas de banco de dados.

Figura 1 Esquema de coleta de amostras no amostrador microbiológico de ar MAS – 100NT



Fonte: autoria própria (2022)

Figura 2 Coleta de amostras no amostrador microbiológico de ar MAS – 100NT (sala1 – BI2)



Fonte: autoria própria (2022)

2.1.2.2 Detector de qualidade do ar M2000 Temtop

O detector portátil de qualidade do ar M2000 Temtop (Figura 3) é um dispositivo com sensor eletroquímico de alta precisão, com sensor de partículas a laser e sensor de dióxido de carbono com base no NDIR (Infravermelho não dispersivo), ele pode detectar partículas, dióxido de carbono e formaldeído no ar e transformar a concentração de poluente do ar em dados visuais. Este detector foi utilizado para garantir os dados resultantes do Amostrador microbiológico de ar, MAS – 100NT

Figura 3 Detector de qualidade do ar M2000 Temtop



Fonte: autoria própria (2022)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Descrição geral da análise

3.1.1 Parâmetros de qualidade do ar interno

As análises foram realizadas nas dependências da FATEC-PG, no mês de dezembro de 2022, onde foram também coletados alguns parâmetros importantes para manutenção dos resultados (Tabela 1).

Tabela 1 Parâmetros de qualidade do ar para ambiente interno.

Parâmetro	Sala 01-bl2	Espaço conforto	Laboratório de Química
PM 2,5	4,0 µg/m ³	3,5 µg/m ³	4,9 µg/m ³
PM 10	5,3 µg/m ³	4,2 µg/m ³	6,3 µg/m ³
Partículas	2893 part/L	1794 part/L	2069 part/L
CO₂	586 ppm	483 ppm	469 ppm
HCHO	0,351 mg/m ³	0,001 mg/m ³	0,001 mg/m ³
Umidade	65%	61%	65%
Temperatura	28,9°C	28,3°C	28,9°C

Os dados demonstrados tornam-se muito interessantes quando analisados, quanto as partículas inaláveis (PM 10) e partículas inaláveis finas (PM 2,5). O Laboratório de química, bem como a sala de aula 1, demonstraram um perfil maior quando relacionado ao pátio. Isso se deve ao fato que em ambos os locais possuem materiais indispensáveis ao desenvolvimento das aulas, como os reagentes químicos sólidos e o pó de giz, que nesse caso fazem toda diferença. A análise da velocidade de deposição do microrganismo está diretamente relacionada ao diâmetro aerodinâmico desse material. É sabido que na prática, tendo o diâmetro das partículas de forma irregular e expresso em termos de algum tipo de diâmetro equivalente ou efetivo que dependem de propriedade física, em vez de propriedade geométrica, esses organismos podem se depositar na superfície tendo uma deposição seca com velocidades alteradas para mais ou menos, se comparados a sua velocidade de deposição real, ou seja, sem intrusão do MP10 e MP2,5. Por isso a análise de PM 10 e PM 2,5 se faz importante neste estudo, ressaltando que nos ambientes analisados, a sala de aula e o laboratório teria uma chance maior de contaminação por deposição seca, se comparada ao espaço conforto. A mesma análise condiz com o parâmetro partícula, onde a quantidade elevada se mostra acentuada para os mesmos ambientes.

Com relação ao parâmetro CO₂, baseada na Resolução-RE nº 09, de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a qual revisou e atualizou a RE/ANVISA nº 176, de 24 de outubro de 2000, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo, frente ao conhecimento e a experiência adquiridos no país nos dois primeiros anos de sua vigência; considerando o interesse sanitário na divulgação do

assunto; considerando a preocupação com a saúde, a segurança, o bem-estar e o conforto dos ocupantes nesses ambientes. As recomendações para Padrões Referenciais de Qualidade do Ar no quesito CO₂ é de no máximo 1000 ppm, sendo assim viável para análise realizada. A diferença nos resultados dos ambientes analisados, nota-se que no espaço conforto a concentração é menor devido ao ambiente ser aberto e ter uma maior circulação do ar.

O formaldeído (HCHO) é composto orgânico volátil (COV) mais comum a ser encontrado em ambientes fechados, apesar de sua entrada ser a partir do ar externo, e está relacionado com a Síndrome do Edifício Doente (SED) (SCHIRMER, 2008). Visto que o espaço conforto e o laboratório são ambientes em contínua reforma e mudanças de mobiliário, a sala de aula por sua vez se caracteriza como um SED, evidenciando uma concentração maior de HCHO se comparado aos outros dois ambientes.

3.1.2 Análise de bioaerossóis fúngicos

Estudos relacionados as alergias respiratórias, como a asma e a rinite, têm ajudado a compreender melhor a ligação entre a predisposição das pessoas e os fatores relacionados aos bioaerossóis, entre eles os fungos (OSÓRIO, 2006). As amostras coletadas com MAS100 tiveram um total de 4 gêneros fúngicos e tipo identificados (*Penicillium* spp, *Trichosporum* spp, *Bipolaris* spp, *Cladosporium* spp e Micélio estéril). A concentração média total de MAS100 (UFC/m³), foi baseada na Resolução-RE nº 09, da ANVISA. As recomendações para Padrões Referenciais de Qualidade do Ar possuem um Valor Máximo Recomendável (VMR) para contaminação microbiológica $\leq 750 \text{ ufc/m}^3$ de fungos, para relação I/E $\leq 1,5$, onde I é a quantidade de fungos no interior e E é a quantidade de fungos no ambiente exterior. Vale salientar que a a relação I/E é exigida como forma de avaliação frente ao conceito de normalidade, representado pelo meio ambiente exterior e a tendência epidemiológica de amplificação dos poluentes nos ambientes fechados. Quando o VMR for ultrapassado ou a relação I/E for 1,5, é necessário realizar um diagnóstico de fontes poluentes para uma intervenção corretiva.

Foram coletados 250L de ar da sala 1, bloco 2 (Figura 4), por 1 minuto, em condições de 65% de umidade atmosférica e 28,9°C. Foram encontrados os fungos *Penicillium* spp e *Bipolaris* spp, em VMR dentro das normativas RE nº 09, sendo considerado um

ambiente salubre para convívio. Analisando os parâmetros ambientais, tais como temperatura e umidade (Tabela 1), o *Penicillium spp* apresentam-se em número elevado para estas condições (MEZZARI, 2002) Sendo um gênero saprófita, constantemente disperso, contendo mais de 200 espécies pode contaminar alimentos e produzir micotoxinas. Normalmente seus esporos aparecem na flora fúngica e podem causar asma e rinite (MOURA, 2011; TAPARELLO, 2010).

Pode ser contaminante de alimentos e produtores de micotoxinas. Existem aproximadamente 225 espécies estudadas. Os esporos deste gênero estão presentes na flora fúngica do ar e podem causar asma e quando inalado pode causar rinite^{15,64}.

Com relação ao *Bipolaris spp*, é um gênero que normalmente está presente em plantas. A sala 1 - bl 2 está localizada no quintal da faculdade, rodeada de árvores, justificando a presença deste fungo. Este gênero pode provocar alergias, sinusite fúngica alérgica, micoses e até mesmo infecções pulmonares e cutâneas, podendo infectar pessoas imunodeprimidas ou saudáveis (FERREIRA, 2007; ARAÚJO, 1999).

Figura 4 Placa de petri com amostras de ar da sala 1- bl 2, após tempo de incubação. Na Figura evidencia-se os gêneros fúngicos *Penicillium spp* e *Bipolaris spp*.



Fonte: autoria própria (2022)

O estudo realizado no espaço conforto (Figura 5), também com a coleta de 250 L/min, em condições de 61% de umidade atmosférica e 28,3°C. Foram encontrados os fungos *Penicillium spp*, *Cladosporium spp* e *Trichosporum spp*, em VMR dentro das normativas RE nº 09, sendo considerado um ambiente insalubre para convívio. Notando as condições de análise, bem como os fungos detectados, o *Penicillium spp* segue as mesmas condições descritas anteriormente para o ambiente sala de aula. O gênero *Cladosporium spp*, é considerado universal e muito comum nas análises relacionadas a bioaerossóis. É constituído por muitas espécies e se dissemina com muita facilidade em diversos ambientes. É um dos principais alergênicos em

ambientes fechados, responsáveis por rinites e asma brônquica (FIÓRIO, 2009; SANTOS, 2011; KERN, 1999). Já o gênero *Trichosporum* spp, habita diversos ambientes (água, solo e superfície cutânea de humanos e animais), se mostrando múltiplo e confirmando o motivo de sua presença. Podemos relacionar infecções cutâneas em humanos e animais (BENTUBO, 2013).

Figura 5 Placa de petri com amostras de ar do espaço conforto, após tempo de incubação. Na Figura evidencia-se os gêneros fúngicos *Penicillium* spp, *Cladosporium* spp e *Trichosporum* spp.



Fonte: autoria própria (2022)

Os gêneros *Penicillium* spp, *Trichosporum* spp e *Micélio estéril*, foram encontrados no ambiente laboratório de química (Figura 6), onde a análise foi realizada nas mesmas condições de umidade (65%) e temperatura (28,9°C), aparecendo em VMR dentro das normativas RE nº 09, sendo considerado um ambiente salubre para convívio. Mais uma vez o gênero *Penicillium* spp e *Trichosporum* spp aparecem, mostrando que a diversidade de espécies os faz livres em vários ambientes. Já o micélio estéril presente no ambiente, é caracterizado como exercendo as funções de assimilação, fixação e crescimento das espécies ali encontradas.

Figura 6 Placa de petri com amostras de ar do laboratório de química, após tempo de incubação. Na Figura evidencia-se os gêneros fúngicos *Penicillium* spp, *Trichosporum* spp e *Micélio estéril*.



Fonte: autoria própria (2022)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo principal avaliar a qualidade do ar no que diz respeito a análise microbiológica e os riscos à saúde dos alunos da FATEC de praia grande, aprofundando o entendimento sobre a presença de bioaerossóis fúngicos em ambientes internos. a coleta de amostras em locais estratégicos, como salas de aula espaço conforto (pátio) e laboratório, proporcionou uma análise abrangente da contaminação fúngica, contribuindo para a identificação de potenciais riscos à qualidade do ar e, conseqüentemente, à saúde dos ocupantes desses ambientes.

A condução de ensaios, e identificação de gêneros fúngicos, permitiu uma avaliação detalhada dessa diversidade. a comparação desses dados com as normas e requisitos estabelecidos pela ANVISA revelou a importância do monitoramento e controle da qualidade do ar em ambientes internos.

A preocupação com a contaminação fúngica não é apenas estética, mas, acima de tudo, uma preocupação de saúde pública. a presença de fungos patogênicos em ambientes fechados pode desencadear uma variedade de doenças respiratórias, desde alergias até infecções mais sérias, especialmente em indivíduos imunocomprometidos.

A legislação vigente, representada pela resolução RE nº 9/2003 da ANVISA, estabelece limites para a contaminação fúngica do ar, reforçando a necessidade de medidas preventivas e estratégias de controle para mitigar os riscos à saúde associados à exposição contínua a bioaerossóis de origem fúngica.

Por fim, a complexidade da interação entre fatores ambientais e metodológicos na coleta e análise de dados destacou a importância de abordagens cuidadosas e padronizadas em estudos sobre os bioaerossóis fúngicos. a diversidade de gêneros

fúngicos identificados em diferentes estudos ressalta a necessidade de considerar essas variáveis ao interpretar e comparar resultados, proporcionando uma base sólida para futuras pesquisas nessa área.

Este trabalho reforça a necessidade contínua de vigilância e aprimoramento das condições ambientais em ambientes fechados, visando garantir não apenas a qualidade do ar, mas também a preservação da saúde e bem-estar daqueles que ocupam esses espaços.

5 REFERÊNCIAS

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Farmacopeia Brasileira, vol. 1, p. 329-336, 5ª edição, 2010. **Resolução - RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003**. Determina 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] República Federativa do Brasil, Brasília, 20 jan. 2003.

ARAÚJO E, ANSEMI F, LEIRIA TLL, RICHTER VT, PIRES LM. **Sinusite fúngica: uma análise clínica em nosso meio**. Revista do Hospital das Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre – RS. V.19(2)177-185, 1999.

BOFF, C. **Monitoramento de fungos no ar de unidades de terapia intensiva**. Dissertação (Mestrado em Ciências Pneumológicas) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2011.

BROWN, JKM, HOVMØLLER, MS **Aerial dispersal of pathogens on the global and continental scales and its impact on plant disease**. Science 297, 537–541, 2002.

BURROWS, SM, BUTLER, T, JÖCKEL, P, TOST, H, KERKWEIG, A, PÖSCHL, U, LAWRENCE, MG **Bacteria in the global atmosphere – part 2: modeling of emissions and transport between different ecosystems**. Atmos. Chem. Phys. 9, 9281–9297, 2009a.

BURROWS, SM, ELBERT, W, LAWRENCE, MG, PÖSCHL, U. ***Bacteria in the global atmosphere – part 1: review and synthesis of literature data for different ecosystems.*** Atmos. Chem. Phys. 9, 9263–9280, 2009b.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 3 de 18 de junho, 1990. ***Padrões de qualidade do ar.*** Diário Oficial da União, 22/08/1990.

DESPRÉS VR, HUFFMAN JA, BURROWS SM, HOOSE C, SAFATOV AS, BURYAK G, FRÖHLICH-NOWOISKY J, ELBERT W, ANDREAE MO, PÖSCHL U, JAENICKE, R. ***Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review.*** Tellus B 64, 2012.

DONNARUMMA H, BENTUBO L, GAMBALE W, FISCHMAN, O. ***Caracterização laboratorial e comportamento cromogênico de leveduras do gênero Trichosporon,*** Rev. Bras. Pesq. Saúde, Vitória, 15(1): 69-74, jan-mar, 2013.

ELBERT W, TAYLOR PE, ANDREAE MO, PÖSCHL U. ***Contribution of fungi to primary biogenic aerosols in the atmosphere: wet and dry discharged spores, carbohydrates, and inorganic ions,*** Atmos. Chem. Phys., 7, 4569–4588, 2007.

FERREIRA D. ***Sinusite fúngica alérgica - caso clínico e revisão da literatura,*** Rev. Port. Imunoalergologia. V.15(5): 423-430, 2015.

FIÓRIO CE. ***Mofo nos domicílios dos recém-nascidos de uma coorte na cidade de São Paulo, Brasil*** - Projeto Chiado. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo, 2009.

fungos e ocorrência de micotoxinas em misturas de cereias comercializados no Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Acesso em: 05 maio 2023.

GAMBLE W; PURCHIO A; PAULA CR.; CORRÊA B. ***Fungos e alergia.*** In: Trabulsi, L.R. Microbiologia, ed. 3. São Paulo: Atheneu, p. 421-422, 1999.

GOMPERTZ OF, GAMBALE W, PAULA CR, CORRÊA B. **Fungos e alergias**. In: Trabulsi, S, L.R.; Altherthum, F.; Gompertz, O.F. Microbiologia. 3. ed. São Paulo: Atheneu, p.421-422, 1999.

HYVÄRINEN A, O'ROURKE MK, MELDRUM J, STETZENBACH L. **Influence of cooling type on airborne viable fungi**. J. Aer. Sci., v.28, suppl.1, p.887-888, 1995.
JANENICKE, R.: **Abundance of cellular material and proteins in the atmosphere**, Science, 308, 73, 2005.

KERN MA, BLEVINS KS. **Micologia Médica**. Texto & Atlas. 2. ed. São Paulo: Editorial Premier, 1999.

KRAIWUTH, K, CHAO, JH, KOTCHASATAN, N. Bioaerosol levels and the indoor air quality of laboratories in Bangkok metropolis. Aerobiologia, V. 35, p. 1-14, 2019.

LACAZ CS, **Tratado de Micologia Médica**. 9ª ed. São Paulo: SARVIER. 1104p, 2002.

MEIER R, ZINGRE H. **Qualification of air sampler systems: The MAS-100**. Swiss Pharma, 22(1-2), 15-21, 2000.

MEZZARI A, PERIN C, SANTOS JÚNIOR AS, BERND LAG. **Airborne fungi in the city of Porto Alegre**, Rio Grande do Sul, Brazil. Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo. v 44(5):269-277, 2002.

MOURA ML, PEÇANHA, MP. **Qualidade microbiológica do ar em biblioteca e suas implicações na saúde dos usuários**. Revista Eletrônica de Biologia. V.4(3):7-109, 2011.

OSÓRIO ACA, SELLARO LNR, SARINHO, CAVALCANTI ES. **Hipersensibilidade a fungos em crianças asmáticas de uma comunidade do Recife**. Pernambuco. Rev. Bras. Saúde Matern. Infant. v. 6(2): 245-251), 2006.

PASTUSZKA JS, PAW UKT, LIS DO, WLAZLO A, ULFIG K. ***Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland***. Atmospheric Environment, v.34, n.3, p.3833-3842, 2000.

PELUQUE E. ***Isolamento, identificação molecular e potencial toxigênico de***
PÖSCHL U, SHIRAIWA M. ***Multiphase chemistry at the atmosphere–biosphere interface influencing climate and public health in the Anthropocene***, Chem. Rev., 115, 4440–4475, 2015.

QUADROS, M E. ***Qualidade do ar interno em ambientes Hospitalares***. Rev. Tecnologia, Fortaleza, v.30, 2009

SANTOS HPAV. ***Espectro de esporos de fungos alergisantes na atmosfera de Lisboa***. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal e dos recursos Naturais). Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2011.

SCHIRMER WN. ***Amostragem, análise e proposta de tratamento de compostos orgânicos voláteis (COV) e odorantes em estação de despejos industriais de refinaria de petróleo***. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2004.

SUEHARA MB, SILVA MCP. ***Prevalência de fungos anemófilos no Brasil e a correlação com doenças respiratórias e infecções fúngicas***. Universidade Federal da Integração LatinoAmericana, Foz do Iguaçu PR Brasil. 2022.

TAPARELLO, R. ***Incidência de fungos filamentosos em dinheiro circulante na cidade de Chapecó - SC***, Brasil. 50f. Monografia- Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECÓ, Chapecó, 2010.

TÁVORA LGF; GAMBALE W; HEINS-VACCARI EM; ARRIAGADA GLH; LACAZ CS; SANTOS CR; LEVIN AS ***Comparative performance of two air samplers for monitoring airborne fungal propagules***. Braz. J. Med. Biol. Res., v.36, p.613-616, 2003.

VARGAS, M. ***A Baixada Santista***. Revista USP, São Paulo/SP, nº 41, 2005.

WOMACK, AM, BOHANNAN, BJM, GREEN, JL. Biodiversity and biogeography of the atmosphere. *Philos. Trans. R. Soc. B* 365, 3645–3653, 2010.

YAO M, MAINELIS G. ***Investigation of cut-off sizes and collection efficiencies of portable microbial samplers.*** *Aerosol Science and Technology*, 40(8), 595–606, 2006.

ZIEHE É M. ***Determinação da contaminação fúngica do ar em creches públicas do Rio de Janeiro/RJ.*** *Vigilância Sanitária em Debate*. v. 2, n. 1, p. 51-56, 2014. Acesso em: 11 nov 2022.