



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E
MEIO AMBIENTE



KLEBSON CORDEIRO COSTA

**QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO AR EM AMBIENTES
CLIMATIZADOS**

JOÃO PESSOA

2022

KLEBSON CORDEIRO COSTA

**QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO AR EM AMBIENTES
CLIMATIZADOS**

Dissertação de mestrado apresentada
ao Programa de Desenvolvimento e
Meio Ambiente da Universidade
Federal da Paraíba, para obtenção do
título de Mestre.

Orientador: José Soares do
Nascimento

JOÃO PESSOA

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C838q Costa, Klebson Cordeiro.

Qualidade microbiológica do ar em ambientes climatizados / Klebson Cordeiro Costa. - João Pessoa, 2022.

65 f. : il.

Orientação: José Soares do Nascimento.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Ambiente climatizado. 2. Qualidade do ar interno.
3. Aerodispersóides biológicos. I. Nascimento, José Soares do. II. Título.

UFPB/BC

CDU 628.8(043)

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

ATA Nº 10/2022 - PRODEMA - MEST (11.01.14.50)

Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO

João Pessoa-PB, 31 de Março de 2022

Ata da 558ª Sessão Pública de Defesa de Dissertação de **KLEBSON CORDEIRO COSTA** do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, do Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, na área de Desenvolvimento e Meio Ambiente. **Aos trinta e um dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e dois, às 16h00min, no auditório do PRODEMA**, reuniram-se nos termos do art. 82 do Regulamento Geral dos Cursos e Programas de Pós-Graduação “stricto sensu” da UFPB, anexo à Resolução CONSEPE no 79/2013, a Banca Examinadora, composta pelos professores(as) doutores(as): **WALLACE FELIPE BLOHEM PESSOA, UFPB**, examinador externo ao Programa, **ULRICH VASCONCELOS DA ROCHA GOMES, UFPB**, examinador interno, **JOSE SOARES DO NASCIMENTO, UFPB**, orientador - presidente. Deu-se início a abertura dos trabalhos, por parte do presidente da banca, **JOSE SOARES DO NASCIMENTO**, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer a tramitação da defesa, solicitou ao candidato que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada “**QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO AR EM AMBIENTES CLIMATIZADOS: UNIDADE HOSPITALAR E SETOR ADMINISTRATIVO BANCÁRIO**”. Concluída a exposição, o(a) professor(a) Dr(a) **JOSE SOARES DO NASCIMENTO**, presidente, passou a palavra a(o) professor(a) Dr(a) **WALLACE FELIPE BLOHEM PESSOA**, para arguir o(a) candidato(a), e, em seguida, o(a) professor(a) Dr(a) **ULRICH VASCONCELOS DA ROCHA GOMES** para fazer o mesmo. Após alguns comentários sobre a defesa, o(a) presidente da banca examinadora solicitou a retirada da platéia para que a banca pudesse proceder com a avaliação do(a) discente em sessão secreta. Na sequência, a banca examinadora atribuiu o conceito (**APROVADO**), conforme o art. 83 do anexo à Resolução CONSEPE-UFPB no 79/2013. Nada mais havendo a tratar, eu, Clara Tavares Gadelha, secretária, lavrei a presente Ata, que lida e aprovada, assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

(Assinado digitalmente em 08/04/2022

11:24)

CLARA TAVARES GADELHA
TECNICO EM SECRETARIADO
Matrícula: 2004872

(Assinado digitalmente em 05/04/2022

17:10)

ULRICH VASCONCELOS DA ROCHA
GOMES
PROFESSOR DO MAGISTERIO
SUPERIOR
Matrícula: 2009494

(Assinado digitalmente em 07/04/2022

08:07)

JOSE SOARES DO NASCIMENTO
PROFESSOR DO MAGISTERIO
SUPERIOR
Matrícula: 1086661

(Assinado digitalmente em 07/04/2022

11:17)

WALLACE FELIPE BLOHEM PESSOA
PROFESSOR DO MAGISTERIO
SUPERIOR
Matrícula: 3089435

Processo Associado: 23074.028700/2022-97

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufpb.br/documentos/> informando seu número: **10**, ano: **2022**, documento (espécie): **ATA**, data de emissão: **31/03/2022** e o código de verificação: **f8a51dc9f5**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, irmãos, sobrinha e sobrinhos, que com muito carinho e apoio, não mediram esforços em me ajudar nessa etapa da minha vida. Divido com vocês essa conquista;

Aos amigos Karinne Oliveira e Gustavo Monzeli pelas palavras de incentivo, direcionamento e contribuições dadas nos momentos de incertezas.

A todos os amigos que me ajudaram nesse período tão delicado e tornaram essa caminhada menos desgastante.

Aos colegas do mestrado, que mesmo com todas adversidades causadas pela pandemia, tornaram as aulas enriquecedoras e os dias mais leve;

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Soares do Nascimento pelo incentivo, dedicação, companheirismo, além de toda contribuição e direcionamento do trabalho. Obrigado por todo conhecimento compartilhado.

A Roney, Diego e demais colaboradores da Biolabs pelo auxílio na coleta das amostras e demais dados.

À banca examinadora pelo compromisso, disponibilidade e contribuições tão valiosas para a finalização desse trabalho.

À Universidade Federal da Paraíba e aos coordenadores, professores e funcionários do PRODEMA, por contribuírem para a obtenção desta conquista;

Este trabalho foi realizado graças ao financiamento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

Obrigado.

RESUMO

Com o desenvolvimento da humanidade e crescimento de construções verticais e ambientes fechados nos centros urbanos, houve a necessidade de disponibilizar nessas locais condições adequadas para seus ocupantes desempenharem suas atividades. Atualmente estima-se que boa parte da população em grandes centros urbanos passe até 90% de seu tempo dentro de ambientes fechados, fazendo uso de aparelhos que tornam a temperatura desses espaços mais confortáveis. Com a crise de petróleo e a necessidade de redução no gasto energético, esses ambientes passaram por transformações, que acarretaram um aumento da concentração de poluentes biológicos e não biológicos no ar interno, fazendo com que os estudos sobre a Qualidade de Ar Interno (QAI) se tornassem cada vez mais importante devido aos problemas relacionados a esses poluentes. Diante disto, esse trabalho tem por finalidade averiguar a qualidade microbiológica do ar em dois hospitais localizados em João Pessoa-PB e três escritórios, Recife-PE, a fim de averiguar se o ar desses ambientes se encontra no padrão de qualidade conforme os padrões estabelecidos pela Resolução RE 09-2003, ANVISA. Foram mensuradas temperatura, umidade, concentração de aerodispersóides totais e bioaerosol com foco em fungos. As análises microbiológicas quantitativas e identificação dos gêneros fúngicos foram realizadas por cultivos em placa e microcultivo. Os resultados foram submetidos ao método estatístico descritivo por frequência percentual. Após a análise dos dados obtidos dos dois hospitais pode-se perceber a ocorrência de fungos anemófilos nos ambientes analisados, porém o Hospital 02 apresentou maior número de salas comprometidas, em que 81% das amostras estavam em más condições, com apenas 4,55% das amostras do Hospital 01 nessas condições. Espécies de *Penicillium*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, mostraram maior frequência. Os dados referentes ao CO₂, Temperatura e Umidade foram considerados dentro dos parâmetros que proporcionam conforto e bem-estar, porém não foram fatores limitantes à formação de colônias fúngicas. Os dados referentes às unidades administrativas bancárias demonstram haver a ocorrência de fungos anemófilos de potencial patogênicos, como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Trichoderma*, *Fusarium*. A unidade administrativa bancárias 02 apresentou maior número de salas comprometidas em relação a presença de unidade formadora de colônias. Os resultados oriundos desse trabalho indicam a necessidade do monitoramento constante da qualidade de ar interno e da utilização de procedimentos de limpeza adequados a fim de garantir maior conforto, bem-estar e saúde a seus ocupantes.

Palavras-chave: Qualidade do ar interno. Ambiente climatizado. Aerodispersóides biológicos.

ABSTRACT

With the development of humanity and the growth of constructions of its centers and environments planned in urban environments, the need to promote local projects. Currently, it is estimated that a large part of the population in large urban centers spends up to 90% of their time indoors, making use of devices that make these spaces more comfortable. With the oil crisis and environmental quality, with the reduction of oil pollution and environmental quality, the need for studies on reducing energy consumption and environmental quality. become increasingly important due to the problems related to these pollutants. From this, for the purpose of verifying the micro quality in two, three large hospitals in João Pessoa-PB Office, Recife-PE, in order to verify if the work does not meet the quality standard according to the standards defined by Resolution RE 09-2003, ANVISA. Temperature, humidity, concentration of total aerodispersoids and bioaerosol with a focus on fungi were measured. Microbiological collections and identification of fungal genera were performed by plate and microculture. Percentage results were determined using statistical methods Percentage results by frequency. After analyzing the data obtained from the two hospitals, see the occurrence of fungi and the environments in the environments, but the largest number of hospital rooms can be found in more than 81% of the conditions, with only 4.55% of the plants of Hospital 01 in this conditions. *Penicillium* species, *Cladospor*, *Aspergillus*, greater greater. The data referring to CO₂, Temperature and Humidity were considered within them that do not cause comfort and well-being, but were limiting factors to the formation of fungal colonies. References to banking administrations and the existence of potential fungal unit pathogens, such as data through banking agents, pathogens, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Trichoma*, *Fusarium*. The banking administrative unit 02 had the highest number of private rooms in relation to the presence of a colony forming unit. The constant results or results of this quality indicate the need for internal monitoring and the use of cleaning procedures in order to guarantee greater comfort, well-being and health to its occupants.

Key-words Indoor Air Quality. Climatized Environment. Biological Aerodispersoids.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1: Possíveis fontes de poluentes biológicos	18
Figura 1: Ocorrência fúngica nos locais da unidade hospitalar 01 (%).....	34
Figura 2: Gêneros Fúngicos Identificados por ambiente (%) na unidade hospitalar 01	34
Figura 3: Ocorrência fúngica nos locais da unidade hospitalar 02	35
Figura 4: Gêneros Fúngicos Identificados por ambiente (%) na unidade hospitalar 02	35
Figura 5: Correlação entre as variáveis analisadas com UFC/m ³	36
Figura 6: Diversidade fúngica do Escritório 01	53
Figura 7: Gênero Fúngico Identificado por ambiente (%) – Escritório 01	54
Figura 8: Diversidade fúngica do Escritório 02	54
Figura 9: Gênero Fúngico Identificado por ambiente (%) – Escritório 02	55
Figura 10: Diversidade fúngica do Escritório 03	56
Figura 11: Gênero Fúngico Identificado por ambiente (%) – Escritório 03	56
Figura 12: Correlação entre as variáveis analisadas com UFC/m ³	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:Dados referente à confortabilidade das salas analisadas - Unidade Hospitalar 01	30
Tabela 2:Dados referente à confortabilidade das salas analisadas - Unidade Hospitalar 02	31
Tabela 3:Concentração (Unidade Formadora de Colônia - UFC/m ³) de fungos aerotransportados - Unidade Hospitalar 01.....	32
Tabela 4:Concentração (Unidade Formadora de Colônia - UFC/m ³) de fungos aerotransportados - Unidade Hospitalar 02.....	33
Tabela 5 - Dados referente à confortabilidade das salas analisadas - Escritório 01 .	49
Tabela 6 - Dados referente à confortabilidade das salas analisadas - Escritório 02 .	49
Tabela 7 - Dados referente à confortabilidade das salas analisadas - Escritório 03 .	50
Tabela 8 - Concentração (Unidade Formadora de Colônia - UFC/m ³) de fungos aerotransportados – Escritório 01	51
Tabela 9 - Concentração (Unidade Formadora de Colônia - UFC/m ³) de fungos aerotransportados – Escritório 02	51
Tabela 10 - Concentração (Unidade Formadora de Colônia - UFC/m ³) de fungos aerotransportados – Escritório 03	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

QAI: Qualidade de ar interno.

OMS: Organização Mundial de Saúde.

SED: Síndrome do Edifício Doente.

ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária

IRAS – Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 Ambiente Interno e a qualidade de ar	14
1.1 fatores de impacto à qualidade do ar interno	16
1.2 Poluentes do ar interno	17
1.3 Problemas de saúde relacionados à qualidade do ar interno.....	18
REFERÊNCIAS.....	20
2 qualidade microbiológica do ar interno em dois ambientes hospitalares na cidade de João Pessoa – PB.....	25
Resumo	25
2.1 Introdução	26
2.2 Materiais e Métodos	28
2.2.1 Localização do laboratório.....	28
2.2.2 Caracterização da área de estudo	28
2.2.3 Obtenção da concentração de dióxido de carbono (CO ₂), temperatura e umidade	28
2.2.4 Coleta e isolamento de fungos Anemófilos	29
2.2.5 Identificação dos fungos coletados	29
2.3 Resultados	30
2.3.1 Aspectos referente ao conforto e bem-estar	30
2.3.2 POPULAÇÃO FÚNGICA	31
2.3.3 Diversidade Fúngica.....	33
2.5 Associação Entre os parâmetros observados	36
2.4 Discussão.....	37
Conclusão	39
Referências	40
3. qualidade microbiológica do ar climatizado em ambientes confinados: três escritórios na cidade de Recife – Pe	44
Resumo	44
3.1 Introdução	45
3.2 Materiais e Métodos	46
3.2 Localização do laboratório.....	46
3.2.2 Caracterização do ambiente de estudo	47

3.2.3 Obtenção da concentração de dióxido de carbono (CO ₂), temperatura e umidade	47
3.2.4 Coleta e isolamento de fungos anemófilos.....	47
3.2.5 identificação fúngica coletada	48
3.3 RESULTADOS	49
3.3.1 ASPECTOS REFERENTES AO CONFORTO E BEM-ESTAR	49
3.3.2 POPULAÇÃO FÚNGICA	51
3.3.3 DIVERSIDADE FÚNGICA	53
3.4 Associação Entre os parâmetros observados	57
3.5 DISCUSSÃO	58
Conclusão	61
Referências	62
CONCLUSÃO.....	65

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da humanidade trouxe o crescimento dos centros urbanos, em construções verticais e ambientes fechados. Com isso, surgiu um novo *habitat* nesses espaços de clima controlado com trocas de ar entre os espaços internos e externos reduzidas. Com a população passando mais tempo nesses locais, houve a necessidade de gerar condições adequadas para seus ocupantes, garantindo melhores condições de desempenho das atividades (DHUNGANA; CHALISE, 2020).

De acordo com Afonso *et al.* (2004), os primeiros ambientes climatizados surgiram na década de 1930. Porém, na década de 1970, esses ambientes passaram por transformações, tais como, janelas se tornaram inoperantes ou inexistentes para evitar a troca de ar entre os ambientes externo e interno e, com isso, manter a temperatura constante. Porém, a diminuição na troca de ar acarreta aumento da concentração de poluentes biológicos e não biológicos no ar interno de ambientes com janelas inexistentes ou edifícios que foram construídos selados, impactando sobre a Qualidade do Ar Interno (QAI). Termo este que é usado para descrever a qualidade do ar em ambientes construídos, e que tem ganhado mais destaque nas discussões internacionais por organizações governamentais devido à importância que este desempenha na saúde humana (ABDUL-WAHAB *et al.*, 2015).

O número de doenças relacionadas a esses ambientes e o aumento no número de fontes de poluentes desses locais, como materiais de limpeza, material sintético utilizado nas construções e o número elevado de pessoas por metro quadrado ocupando esses locais, o que leva a um aumento na carga microbiana vinda dos usuários, tem impulsionado os estudos sobre QAI nas últimas décadas (SPINAZZÈ *et al.*, 2020).

Pode-se destacar uma grande variedade de poluentes presentes no ar de ambientes internos e em níveis de concentração muito maiores do que ao ar livre. Esses poluentes são classificados em não-biológicos e biológicos. Segundo Pagel (2015), o período de exposição humana ao ar interior varia de oito horas diárias em ambientes comerciais, instituições e escritórios, e de 16 a 24 horas diárias em ambientes residenciais, porém o tempo gasto em ambientes com ar livre é, em média, de apenas duas horas. Com isso, percebe-se que, o ar interior por ser o de maior exposição, deve ser adotado medidas a fim de manter uma boa qualidade e com isso garantir a saúde e o bem-estar dos ocupantes desses locais.

Diversas são as fontes de poluentes para o ambiente interno, circulação intensa de veículos, o ar externo e até mesmo a atividade humana são exemplos dessas fontes. Como poluentes de origem não biológica destacam-se o monóxido e o dióxido de carbono, o óxido e dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, ozônio, materiais particulados, fumaça de cigarro. Já poluentes de origem biológica são citados exemplos como bactérias, fungos, vírus e protozoários (SPINAZZÈ *et al.*, 2020).

A fim de manter uma boa qualidade do ar em ambiente hospitalar, as instituições adotam protocolos de biossegurança com o propósito de manter a saúde dos pacientes, visitantes e funcionários, regulamentadas por órgãos de saúde do Estado.

No Brasil, em 1998, o Ministério da Saúde publicou a Portaria 3523 que dispõe sobre o regulamento técnico referente às medidas de limpeza e manutenção dos sistemas de climatização a fim de garantir a qualidade do ar de interiores e prevenir riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados (BRASIL, 1998). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) é a responsável pela regulamentação de parâmetros que garantam a boa qualidade do ar interior, considerando padrões de temperatura, umidade, velocidade, taxa de renovação e grau de pureza. Em 2003, foi publicada a Resolução RE 09, 2003 pela Anvisa que estabelece os padrões referenciais de qualidade do ar em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, enquadrando os estabelecimentos assistenciais de saúde em seu escopo (BRASIL, 2003).

O presente trabalho teve como objetivo geral averiguar a qualidade microbiológica do ar em ambientes de interior climatizados, em duas unidades hospitalares, de João Pessoa - PB e três escritórios de Recife - PE. Especificamente, objetivou-se:

- Identificar o comportamento de hospitais no que se refere aos níveis de contaminação fúngica;
- Avaliar a situação desses ambientes, no que se refere à qualidade microbiológica do ar climatizado, frente aos parâmetros adotados na legislação em vigor;
- Observar e caracterizar possíveis micro-organismos presentes nas amostras.

Considerando esses objetivos, a hipótese desse trabalho foi: a qualidade do ar em dois ambientes climatizados hospitalares e dos três escritórios é diferente e pode estar relacionada aos fatores inerentes a cada ambiente.

A presente dissertação está estruturada em duas partes, sendo a primeira contendo a introdução e a fundamentação teórica e a segunda contendo dois manuscritos, que procura responder questões mais específicas dentro do objetivo geral proposto. O manuscrito I sobre a análise microbiológica da qualidade de ar de duas unidades hospitalares localizadas na cidade de João Pessoa, capital paraibana e o manuscrito II sobre três escritórios localizadas em Recife-PE.

1 AMBIENTE INTERNO E A QUALIDADE DE AR

A utilização de equipamentos que proporcionem conforto térmico em construções comerciais, residenciais e hospitalares se tornou mais difundida. Com isso, a vivência nos ambientes internos climatizados tornou-se mais agradável. Em ambientes hospitalares esse fato proporcionou maior proteção aos pacientes durante períodos de calor ou frio. Porém, em contrapartida a esse conforto, a climatização impossibilitou a troca de ar interno com o externo, levando ao questionamento sobre a qualidade do ar desses ambientes (LENZER *et al.*, 2020).

Qualidade de ar interior (QAI) é um termo usado para descrever a qualidade do ar em ambientes construídos, essa variável tem ganhado mais destaque nas discussões internacionais por organizações governamentais devido ao impacto que esta desempenha na saúde humana (ABDUL-WAHAB *et al.*, 2015). Estudos sobre QAI têm aumentado nas últimas décadas devido ao interesse em problemas de saúde relacionados à má qualidade de ar desses ambientes. Outro agravante que possui importância no estudo sobre QAI é o aumento no número de fontes de poluentes desses locais, como materiais de limpeza, material utilizado nas construções (SPINAZZÈ *et al.*, 2020).

Pode-se destacar uma grande variedade de poluentes presentes no ar de ambientes internos e em níveis de concentração muito maiores do que ao ar livre. Esses poluentes são classificados em não-biológicos e biológicos e podem ser oriundos de diversas fontes, a exemplo: corrente de ar, circulação de pessoas, renovação de ar pelo sistema de aquecimento. Destacam-se como poluentes de origem não-biológica o monóxido e o dióxido de carbono, o óxido e dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, ozônio e materiais particulados. Bactérias, fungos, vírus e protozoários são exemplos de contaminantes biológicos (DAPPER; SPOHR; ZANINI; 2016).

Segundo Pagel (2015), o período de exposição humana ao ar interior varia de oito horas diárias em ambientes comerciais, instituições e escritórios, e de 16 a 24 horas diárias em ambientes residenciais, porém o tempo gasto em ambientes com ar livre é em média de apenas duas horas. Sendo assim, pode-se perceber que o período de exposição maior é em ambientes construídos.

Os poluentes presentes no ar, também conhecidos como aerodispersóides, possuem influência na qualidade do ar interno e externo, visto que podem impactar de forma negativa na saúde dos que utilizam. Complicações como alergias, tosse, dificuldades respiratórias, irritações nos olhos e doenças do trato respiratório são sintomas vinculados à má qualidade de ar (AKOVA *et al.*, 2020).

Melo, Santos e Pontieri (2017), destacaram os resíduos gerados pela queima de biomassa, como a palha da cana-de-açúcar, fontes veiculares e industriais, como sendo os principais poluentes atmosféricos da cidade de João Pessoa.

Em estudo realizado na cidade de Recife-PE, Santos e Barros (2008) associaram a má qualidade de ar com internações hospitalares, onde constataram que em idades mais avançadas, houve maior índice de internações. Idosos acima de 80 anos apresentaram o dobro no risco de internação em comparação aos da faixa etária de 60-69 anos.

Em dezembro de 2019, em Wuhan na China, foi identificado um surto de pneumonia causado por um contaminante de origem biológica até então desconhecido. Posteriormente, após estudos e sequenciamento genético, foi identificado o patógeno causador dessa pneumonia, que recebeu o nome de SARS-CoV-2, uma variação do vírus SARS-CoV, coronavírus. De fácil transmissibilidade, através de gotículas de saliva em dispersão no ar de uma pessoa infectada para outra e através do contato indireto, por contato com superfícies e objetos contaminados, esse agente etiológico ocasionou uma pandemia (PASSOS, 2021), ainda em curso. De acordo com dados da OMS (2021), até dezembro de 2021, no mundo, foram confirmados aproximadamente 275 mil casos de covid-19, com 5,36 mil mortes. No Brasil, 22,2 mil casos foram confirmados e 618 mil mortes até o mês supracitado, em decorrência da covid-19.

Inicialmente, as diretrizes no combate ao vírus e controle da pandemia foram baseadas apenas nessas rotas de infecção, porém, a transmissão por meio de inalação de partículas de aerossol contaminadas tem se tornado objeto de estudo por cientistas do mundo inteiro, como uma via relevante na propagação do SARS-CoV-2, como indica Passos (2021).

Inúmeros são os problemas relacionados à má qualidade do ar em ambientes climatizados, mas o principal está relacionado à saúde humana. Doenças ocupacionais e até cardiovasculares estão relacionadas com a má qualidade de ar

desses ambientes. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a estimativa de mortes no ano de 2012 devido à poluição do ar interior foi de 4,3 milhões de mortes (WHO, 2014).

1.1 FATORES DE IMPACTO À QUALIDADE DO AR INTERNO

Nas últimas décadas, o homem criou um tipo de ecossistema: o ambiente interno dos prédios selados. Este ambiente possui ar climatizado, temperatura controlada pelo ser humano e pode ocorrer interferências pelos seus ocupantes, existência de plantas, tipo de mobília, poluição externa e sistema de ventilação (BOECHAT, 2011)

Ocupantes de ambientes confinados são diagnosticados com a Síndrome do Edifício Doente (SED), do inglês *Sick Building Syndrome* (SBS), quando apresentam sensações de desconforto, irritação ou até mesmo doenças com sintomas de dores de cabeça, náusea, tontura, garganta inflamada, pele seca ou com coceira, congestão nasal, irritação nasal ou fadiga excessiva. São casos de desconforto e/ou sintomas não específicos relatados pelos trabalhadores ou ocupantes de determinado edifício que tem como causa micro-organismos e partículas químicas presentes nos prédios (BELACHEW, 2018).

Alguns fatores ambientais e pessoais estão relacionados aos riscos de SED. Dentre os fatores ambientais destacam-se: temperaturas acima de 22°C está associada a problemas como irritação das mucosas; umidades menores que 40% está associada a sintomas em vias respiratórias, e acima de 60% pode contribuir para a proliferação de micro-organismos; ventilação baixa dificulta a troca de ar entre os ambientes (externo e interno) agravando a diluição dos poluentes do ar interno, como bioaerossois que, se inalados, podem provocar sintomas de doenças respiratórias (SANGUESSUGA, 2012).

Em complemento, o ambiente hospitalar requer maior atenção e cuidado quanto à manutenção na QAI em comparação a edifícios comerciais e industriais. Além da variedade nas suas instalações, a má qualidade microbiológica do ar pode intensificar a ocorrência de infecções hospitalares (VEYSI *et al.*, 2019). Além do perigo causado aos pacientes, a baixa QAI desses ambientes impacta de forma negativa economias globais (POLK; CHRISTMAS, 2000).

A manutenção de uma boa QAI hospitalar requer sanitização adequada dos equipamentos e ambientes, como também ventilação que garanta a renovação de ar. Exposição crônica dos funcionários ao ar com alta concentração de poluentes químicos e biológicos acarreta o surgimento de sintomas que caracterizam a SED (CACIA DE MELO MACHADO *et al.*, 2016).

Além da exposição crônica dos funcionários, a QAI hospitalar é um fator crucial para a recuperação ou piora no quadro clínico de algum paciente hospitalizado. Pacientes imunodeprimidos, recém-nascidos ou idosos são mais suscetíveis às complicações oriundas de poluentes presentes no ar, como fungos e bactérias, por exemplo (GONÇALVES *et al.*, 2018).

1.2 POLUENTES DO AR INTERNO

Os estudos e análises de contaminantes de origem biológica em amostras do ar interno se fazem necessários pelo fato de ser a fonte de diversas doenças infecciosas e alérgicas (YU *et al.*, 2015). Em um estudo publicado por Kim *et al.* (2019), em ambientes de ar climatizado no subterrâneo de centro comerciais, foi constatado que a percepção sobre a QAI é maior para os trabalhadores de lojas de acessórios de moda, que relataram odores mofados e ar mais seco.

Um estudo realizado por Madureira *et al.* (2015) em escolas portuguesas, associou a fonte de bactérias no ar interior a fatores como: nível de ocupação, má ventilação, CO₂. Recentemente, Rejc *et al.* (2020), avaliaram jardins de infância na Eslovênia, identificando concentrações maiores de estafilococos e enterobactérias nas amostras de ar interno em comparação com as do ar externo, associaram a ocorrência desses micro-organismos ao número de ocupação das salas.

Outro estudo publicado por Abbasi e Samaei (2019), caracterizou os fungos como bioaerossóis, que podem causar efeitos adversos nos colaboradores e pacientes, verificaram também que os fungos apresentam melhor crescimento à 25°C, em comparação a temperaturas de 37 e 15°C de incubação. Constataram ainda que os principais fungos causadores de infecções encontrados no ar desses ambientes foram *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Paecilomyces* sp. e *Aspergillus niger*.

A legislação brasileira (BRASIL, 2003), classifica as possíveis fontes de poluentes biológicos nesses ambientes climatizados (Quadro 1).

Quadro 1: Possíveis fontes de poluentes biológicos

Agentes biológicos	Principais fontes em ambientes interiores
Bactérias	Reservatórios com água estagnada, torres de resfriamento, bandejas de condensado, desumidificadores, umidificadores, serpentinas de condicionadores de ar e superfícies úmidas e quentes.
Fungos	Ambientes úmidos e demais fontes de multiplicação fúngica, como materiais porosos orgânicos úmidos, forros, paredes e isolamentos úmidos; ar externo, interior de condicionadores e dutos sem manutenção, vasos de terra com plantas.
Protozoários	Reservatórios de água contaminada, bandejas e umidificadores de condicionadores sem manutenção.

Fonte: Brasil (2003).

1.3 PROBLEMAS DE SAÚDE RELACIONADOS À QUALIDADE DO AR INTERNO

Muitos são os problemas relacionados à má qualidade do ar em ambientes climatizados, mas o principal está relacionado à saúde humana, como exemplo doenças ocupacionais e até cardiovasculares. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a estimativa de mortes no ano de 2012 devido à poluição do ar interior foi de 4,3 milhões (WHO, 2014).

Bioaerossóis podem causar diversos problemas na saúde que vão desde as reações alérgicas, causando tosse, espirro e irritação nos olhos, a infecção pulmonar causada pelo *Streptococcus pneumoniae*, por exemplo (DAPPER, 2019).

Afonso *et al.* (2004), relataram em seu estudo que surtos de endocardite em salas de cirurgia cardíaca, tiveram origem pela contaminação do ar interno por esporos de *Aspergillus* sp., oriundos do sistema de climatização. Adicionalmente, *Legionella* sp. é reconhecida como micro-organismo capaz de causar infecções hospitalares em razão da baixa qualidade de ar interno. A bactéria também é responsável por surtos de pneumonia graves, pericardites, endocardites e abscessos de pele.

A presença de bioaerossóis no ar de ambientes internos pode causar efeitos adversos na saúde humana. A ANVISA recomenda que a concentração fúngica no

ar de interior climatizado não ultrapasse 750 unidades formadora de colônia por metro cúbico (UFC/m³) (BRASIL, 2003).

Reconhecer o patógeno presente no ar de interior climatizado se faz necessário diante dos problemas que estes podem causar à saúde dos ocupantes desses locais. A seguir serão apresentadas algumas espécies de fungos de importância médica com maior frequência no ar interno.

Considerado um dos principais agentes de aspergilose brônquica alérgica em humanos, o gênero *Aspergillus* pode causar infecções pulmonares em pacientes imunocomprometidos, sinusites fúngicas, infecções do ouvido externo, onicomioses, peritonites e endocardites (LATGÉ; CHAMILOS, 2019).

Em relação à candidíase, lesão causada por espécies de *Candida*, está associada a alta taxa de mortalidade em pacientes imunossuprimidos e com neoplasias malignas, afetando a mucosa oral. É considerado um patógeno oportunista, entretanto a maioria das infecções seja considerada endógena, mas pode ser transmitida por fômites, cateteres e outras vias. Espécies de *Candida* podem causar infecções superficiais na pele e mucosas, ou sistêmicas e invasivas que podem disseminar para órgãos internos (PRISTOV; GHANNOUM, 2019).

Considerado um fungo cosmopolita, as espécies do gênero *Penicillium*, são considerados produtoras de micotoxinas com ocorrência nos mais diversos *habitats*, incluindo o ar de ambientes internos (PERRONE; SUSCA, 2017). Reboux *et al.* (2019), afirmam que espécies de *Penicillium* são prejudiciais e podem causar rinite, asma e algumas alergias, tanto em adultos quanto em crianças.

Fungos do gênero *Cladosporium* produzem proteínas alergênicas que podem acarretar asma, alergias e problemas respiratórios. Considerados parasitas secundários, podem habitar tecidos de plantas vivas como caule, folhas e flores, dentre outros substratos porosos, papel, argamassa e tijolos, por exemplo (WERYSZKO-CHMIELEWSKA *et al.*, 2018).

Espécies do gênero *Rhizopus* podem causar mucormicose, doença infecciosa geralmente fatal, que acomete pacientes com diabetes mellitus, distúrbios hematológicos malignos e leucopenia grave. São seres ubíquos, que podem ser encontrados em material em decomposição como também em aerossóis (BOWERS *et al.*, 2020).

REFERÊNCIAS

ABBASI, Fariba; SAMAEI, Mohammad Reza. The effect of temperature on airborne filamentous fungi in the indoor and outdoor space of a hospital. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 17, p. 16868-16876, 2019.

ABDUL-WAHAB, Sabah Ahmed et al. A review of standards and guidelines set by international bodies for the parameters of indoor air quality. **Atmospheric Pollution Research**, v. 6, n. 5, p. 751-767, 2015.

AFONSO, May Socorro Martinez et al. A qualidade do ar em ambientes hospitalares climatizados e sua influência na ocorrência de infecções. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, v. 6, n. 2, 2004.

AKOVA, İrem et al. Prevalence of sick building syndrome in hospital staff and its relationship with indoor environmental quality. **International Journal of Environmental Health Research**, p. 1-16, 2020.

BELACHEW, Haileab et al. Sick building syndrome and associated risk factors among the population of Gondar town, northwest Ethiopia. **Environmental health and preventive medicine**, v. 23, n. 1, p. 1-9, 2018.

BOWERS, Jolene R. et al. Rhizopus microsporus infections associated with surgical procedures, Argentina, 2006–2014. **Emerging infectious diseases**, v. 26, n. 5, p. 937, 2020.

BRASIL. Secretaria de Comunicação Social. *Manual de redação: Agência Senado, Jornal do Senado*. Brasília: Senado Federal, 2018.

_____. Ministério da Saúde. Portaria nº 3523, 28 ago 1998. **Diário Oficial da União**, Brasília, 31/08/1998. Seção 1;40-42.

_____. Resolução - RE N° 09, de 16 de janeiro de 2003. Orientação Técnica revisada contendo Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes

climatizados artificialmente de uso público e coletivo, **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 35-37, 20 jan. 2003. Seção 1.

CACIA DE MELO MACHADO, Eliana et al. Avaliação da qualidade do ar de um centro cirúrgico de um hospital do sul do Brasil. **Revista de Salud Pública**, v. 18, n. 3, p. 447-458, 2016.

COIMBRA, José de Ávila Aguiar et al. Considerações sobre a interdisciplinaridade. **Interdisciplinaridade em ciências ambientais**, p. 52-70, 2000.

DAPPER, Steffani Nikoli; SPOHR, Caroline; ZANINI, Roselaine Ruviaro. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 86, p. 83-97, 2016.

DE OLIVEIRA, Kátia Góes Macedo; BERETTA, Magda. A contribuição do licenciamento ambiental na gestão da qualidade do ar: estudo de caso no município de Candeias-BA. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 2, n. 1, p. 105-121, 2014.

DHUNGANA, Parbati; CHALISE, Manisha. Prevalence of sick building syndrome symptoms and its associated factors among bank employees in Pokhara Metropolitan, Nepal. **Indoor air**, v. 30, n. 2, p. 244-250, 2020.

ÉRICA, Érica Coelho Pagel; DE ALVAREZ CRISTINA, Cristina Engel; NEYVAL, Neyval Costa Reis Júnior. Qualidade do Ar Interno (QAI) em uma estação científica na Antártica: Identificação de fontes de poluição e estratégias de controle. **Hábitat Sustentable**, p. 60-71, 2016.

GONÇALVES, C. L. et al. Airborne fungi in an intensive care unit. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, p. 265-270, 2017.

KIM, Jeonghoon et al. Perception of indoor air quality (IAQ) by workers in underground shopping centers in relation to sick-building syndrome (SBS) and store type: a cross-sectional study in Korea. **BMC Public Health**, v. 19, n. 1, p. 1-9, 2019.

LATGÉ, Jean-Paul; CHAMILOS, Georgios. Aspergillus fumigatus and Aspergillosis in 2019. **Clinical microbiology reviews**, v. 33, n. 1, p. e00140-18, 2019.

LENZER, Benedikt et al. Health effects of heating, ventilation and air conditioning on hospital patients: a scoping review. **BMC public health**, v. 20, n. 1, p. 1-12, 2020.

LI, Tee Chin et al. Bacterial constituents of indoor air in a high throughput building in the tropics. **Trop Biomed**, v. 31, n. 3, p. 540-56, 2014.

MADUREIRA, Joana et al. Indoor air quality in Portuguese schools: levels and sources of pollutants. **Indoor air**, v. 26, n. 4, p. 526-537, 2016.

MOBIN, Mitra; SALMITO, Maria do Amparo. Microbiota fúngica dos condicionadores de ar nas unidades de terapia intensiva de Teresina, PI. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 39, p. 556-559, 2006.

NUNES, Zilma das Graças et al. **Estudo da qualidade microbiológica do ar de ambientes internos climatizados**. 2005. Tese de Doutorado.

POLK JR, Hiram C.; CHRISTMAS, A. Britton. Prophylactic antibiotics in surgery and surgical wound infections. **The American Surgeon**, v. 66, n. 2, p. 105, 2000.

REJC, Tanja et al. Microbiological and chemical quality of indoor air in kindergartens in Slovenia. **International Journal of Environmental Health Research**, v. 30, n. 1, p. 49-62, 2020.

RIOS, J.; BOECHAT, J. Poluição intra e extradomiciliar. **Revista Brasileira de Alergia e Imunopatologia**, v. 34, n. 2, p. 42-48, 2011.

Vigilância Sanitária do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde da Fundação Oswaldo Cruz em 2005. Rio de Janeiro, 2005.

VEYSI, Rahmat et al. Indoor air quality-induced respiratory symptoms of a hospital staff in Iran. **Environmental monitoring and assessment**, v. 191, n. 2, p. 1-8, 2019.

PASSOS, Ricardo Gomes; SILVEIRA, Marina Bicalho; ABRAHÃO, Jônatas Santos. Exploratory assessment of the occurrence of SARS-CoV-2 in aerosols in hospital facilities and public spaces of a metropolitan center in Brazil. **Environmental research**, v. 195, p. 110808, 2021.

PERRONE, Giancarlo; SUSCA, Antonia. Penicillium species and their associated mycotoxins. **Mycotoxigenic fungi**, p. 107-119, 2017.

PRISTOV, K. E.; GHANNOUM, M. A. Resistance of Candida to azoles and echinocandins worldwide. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 25, n. 7, p. 792-798, 2019.

QUADROS, Marina Eller et al. Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: estudo de caso e análise crítica dos padrões atuais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 14, p. 431-438, 2009.

REBOUX, G. et al. Identifying indoor air Penicillium species: a challenge for allergic patients. **Journal of medical microbiology**, v. 68, n. 5, p. 812-821, 2019.

SANTOS, Franco Porto dos; SOUZA, Lucas Barbosa. Estudo da percepção da qualidade ambiental por meio do método fenomenológico. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, p. 57-74, 2015.

SANTOS, Juliana Siqueira; BARROS, Maria Dilma de Alencar. Idosos do Município do Recife, Estado de Pernambuco, Brasil: uma análise da morbimortalidade hospitalar. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 17, n. 3, p. 177-186, 2008.

SANGUESSUGA, Marta Sofia G. **Síndrome dos edifícios doentes: estudo da qualidade do ar interior e despiste da eventual existência de SED entre a população do edifício “E” de um estabelecimento de ensino superior**. 2012. Tese de Doutorado.

SPINAZZÈ, Andrea et al. Indoor gaseous air pollutants determinants in office buildings—The OFFICAIR project. **Indoor Air**, v. 30, n. 1, p. 76-87, 2020.

SODRÉ, Eduardo Delfino; DE OLIVEIRA TÓRTORA, João Carlos; CORRÊA, Sergio Machado. Avaliação da qualidade do ar interior do Hospital Universitário Pedro Ernesto. **Revista Sustinere**, v. 2, n. 2, p. 36-56, 2014.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). **7 Million premature deaths annually linked to air pollution**. Disponível em <<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>>. Acessado em 03/12/2014.

WERYSZKO-CHMIELEWSKA, Elzbieta et al. Health hazards related to conidia of Cladosporium—biological air pollutants in Poland, central Europe. **Journal of environmental sciences**, v. 65, p. 271-281, 2018.

ZADIK, Y. et al. Colonization of Candida: prevalence among tongue-pierced and non-pierced immunocompetent adults. **Oral diseases**, v. 16, n. 2, p. 172-175, 2010.

2 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO AR INTERNO EM DOIS AMBIENTES HOSPITALARES NA CIDADE DE JOÃO PESSOA – PB

Klebson Cordeiro Costa¹, José Soares do Nascimento²

¹ Departamento de Sistemática e Ecologia, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, Brasil

² Departamento de Fisiologia e Patologia – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, Brasil

RESUMO

A climatização automática dos ambientes internos utilizada para proporcionar maior conforto aos ocupantes está relacionada à saúde dos indivíduos, uma vez que ela pode proporcionar o desenvolvimento e disseminação de micro-organismos patógenos aos seres humanos, como fungos, bactérias, ácaros, entre outros. Em ambientes hospitalares, a qualidade do ar pode impactar no agravamento da saúde dos pacientes ou no desenvolvimento de infecções hospitalares. Com enfoque na importância de monitoramento do ar desses locais, o presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade microbiológica do ar interno em dois ambientes hospitalares localizados na cidade de João Pessoa-PB, Brasil. A quantificação de patógenos no ar em locais climatizados dos hospitais foi realizada por um impactador de bioaerossol do tipo Andersen. As amostras foram incubadas a 25°C por sete dias para as determinações das populações fúngicas. Para a caracterização e identificação as amostras foram submetidas à microcultura, e diferenciadas através da morfologia reprodutiva via microscopia. Medições da concentração de dióxido de carbono, umidade e temperatura também foram utilizados para avaliar a confortabilidade proporcionada pelo ar. As amostras de ar no ambiente hospitalar 01 apresentaram menor quantidade de fungos anemófilos em comparação ao ambiente hospitalar 02, onde nove dos onze ambientes, apresentaram densidade fúngica maior do que o limite estipulado pela legislação. Os gêneros fúngicos com maior abundância nos dois ambientes foram *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, além das leveduras e dos espécimes não identificados. Em relação aos aspectos de confortabilidade, as amostras de CO₂ da unidade hospitalar 02 apresentam níveis acima do recomendado pela legislação. Os resultados mostram a necessidade do monitoramento na qualidade de ar desses ambientes para auxiliar na manutenção e promoção de saúde dos seus ocupantes.

Palavras-chave: Fungos, Infecções, Poluição do Ar.

2.1 INTRODUÇÃO

Com as transformações sociais geradas nos grandes centros urbanos, o estilo de vida e as condições de trabalho das pessoas passam por algumas alterações, levando a população a passar mais tempo em ambientes fechados (FORTHOMME *et al.*, 2013). Uma ferramenta que ajudou a tornar esses ambientes internos mais confortáveis foram os aparelhos de condicionamento de ar (LAI *et al.*, 2017).

Mesmo sendo um aparelho fundamental para manter uma temperatura amena e levar um bem-estar aos ocupantes, eles podem proporcionar o crescimento de micro-organismos potencialmente prejudiciais à saúde de ocupantes no ambiente interno (HATAYAMA *et al.*, 2018).

O ar limpo em ambientes internos é um direito básico e particularmente importante para todos os seres humanos devido aos problemas de saúde associados à má qualidade do mesmo (SEGUEL *et al.*, 2017). Segundo Costa *et al.* (2019), a má qualidade de ar interno é um problema de saúde pública e está relacionada ao nível de desenvolvimento dos países, podendo chegar a 3,7% de gastos com doenças em países subdesenvolvidos.

Os poluentes encontrados no ar de ambientes climatizados variam quanto à natureza podendo ser físicos, químicos ou biológicos (RUMCHEV *et al.*, 2017). Segundo Costa *et al.* (2019), dependendo da utilidade do edifício, comercial, institucional, residencial ou hospitalar, os tipos de poluentes e suas fontes diferem um pouco. Os contaminantes biológicos, como fungos, ácaros, bactérias e vírus, utilizam-se de fragmentos de insetos, pólen e pelos, por exemplo, como substrato, ficando viáveis por um longo período de tempo (SILVA, 2014), sendo detectados por análises de qualidade de ar interno (QAI) (LAI *et al.*, 2017).

Outros fatores podem acarretar no aumento da poluição do ar interno, a limpeza inadequada de dutos e filtros de ar refrigerado, por exemplo, facilita o desenvolvimento de contaminantes biológicos, que podem agravar problemas de saúde nos ocupantes deste ambiente (HATAYAMA *et al.*, 2018). Um produto utilizado na limpeza desses equipamentos é o Thilex®, que em um estudo realizado por Zenaide-Neto e do Nascimento (2020), *in vitro*, mostrou eficácia no combate a microbiota desses locais. Fatores naturais e também antropogênicos contribuem

para a alta concentração de micro-organismos no ar, por exemplo, a presença humana, de plantas, a temperatura, umidade, idade do edifício e dos equipamentos (ASIF *et al.*, 2018).

Existem medidas que podem ser utilizadas para garantir uma boa qualidade do ar interno, como o sistema contendo diferentes estágios de filtração, porém, mesmo com diferentes níveis, se a manutenção do sistema for inadequada, as partículas podem ser liberadas no ar interno (FORTHOMME *et al.*, 2013).

Problemas de saúde podem estar relacionados à ocorrência de micro-organismos presente no ar, como reações tóxicas, pneumonia, cansaço, asma, alergia, rinite, entre outras doenças infecciosas, possuem sua gravidade relacionada a patogenicidade dos micro-organismos e ao sistema imunológico das pessoas (ASIF *et al.*, 2018). Além disso, a constatação percentual de certos microrganismos funciona como indicador da qualidade ambiental.

Em ambientes hospitalares, o conhecimento a respeito da qualidade de ar interno requer atenção especial para garantir a saúde de seus ocupantes (CABO VERDE *et al.*, 2015), e deve fazer parte de estratégias na prevenção contra as IRAS - infecções relacionadas à assistência à saúde (BAURÈS *et al.*, 2018). Infecções de origem fúngicas ocupam o terceiro lugar como principal causa de infecção nesses estabelecimentos (CALUMBY *et al.*, 2019).

As unidades de terapia intensivas (UTI) são setores hospitalares em que o controle da qualidade microbiológica do ar é condição fundamental para a manutenção da saúde dos seus ocupantes devido aos altos índices de infecção hospitalar causadas principalmente pela presença de fungos anemófilos. A exposição desses pacientes pode desencadear desde processos cutâneos limitados até infecções sistêmicas generalizadas (CALUMBY *et al.*, 2019).

Os gêneros fúngicos mais comumente encontrados em amostra de ar interno são *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Neurospora* e *Alternaria* (ZENAIDE-NETO; NASCIMENTO, 2020; DO NASCIMENTO *et al.*, 2020).

Tendo em vista a importância dos estudos e monitoramento da qualidade microbiológica do ar em ambientes internos, o objetivo do presente trabalho foi analisar a qualidade microbiológica do ar interno em duas unidades hospitalares, localizados na cidade de João Pessoa-PB.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 LOCALIZAÇÃO DO LABORATÓRIO

A manipulação das amostras e micro-organismos foi realizada no laboratório de Microbiologia do Departamento de Fisiologia e Patologia (DFP) localizado no Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

2.2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Esta etapa do estudo foi realizada em duas unidades hospitalares, particulares, situadas na cidade de João Pessoa, Paraíba, que possuem ambiente interno climatizado. Ambas as unidades hospitalares estão situadas no município de João Pessoa, capital paraibana. A unidade hospitalar 01, no bairro da Torre, já a unidade hospitalar 02 no bairro Expedicionários.

A área de estudo possui grande demanda populacional por atender a cidade onde estão situados, como também as circunvizinhas, além de possuir atendimento público e privado.

Na unidade hospitalar 01, os locais analisados foram: Refeitórios, Sala de Procedimento do Cardiocenter, Emergência UDT, Oncologia, Centro Obstétrico (Sala 01 a 04), UTI Geral (adulto), UTI Neonatal, UTI Cardiocirúrgica 01, UTI Cardiocirúrgica 02, Sala Cirúrgica 01 a 07, Sala Pré-parto do Centro Obstétrico, URPA 2º Andar, CME Arsenal. Na unidade hospitalar 02 foram analisados os seguintes pontos de amostragem: Copa Enfermaria 103 Covid, Enfermaria 101, Enfermaria 103 Repouso, Enfermaria 104 Covid, URPA, Bloco Sala 02 a 04, UTI Neonatal, UTI Adulto, UTI Farmácia.

2.2.3 OBTENÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂), TEMPERATURA E UMIDADE

A concentração de dióxido de carbono (CO₂) em partes por milhão (PPM) nos ambientes internos foi obtida utilizando um equipamento de leitura direta das partículas de CO₂ em cada sala. Para a obtenção da umidade e temperatura de cada sala, foi utilizado um Termo-higrômetro. A coleta ocorreu em paralelo com as demais coletas e foi realizada por uma empresa terceirizada que cedeu os dados. Os parâmetros utilizados foram os recomendados pela RE/ANVISA nº 9, com o valor máximo recomendável de CO₂ no ambiente sendo de ≤ 1000 PPM. A faixa

recomendável de temperatura nas condições internas para verão deverá variar de 23°C a 26°C. A umidade relativa para verão, deverá variar de 40% a 65%. Estes indicados para conforto e bem-estar.

2.2.4 COLETA E ISOLAMENTO DE FUNGOS ANEMÓFILOS

As amostras foram coletadas nos ambientes utilizando o método ativo por impactação de ar. Diante do grande número de amostras, a amostragem foi realizada em dois dias, com amostragem diária em local externo durante o período de verão. O equipamento utilizado na amostragem foi um modelo de impactador bioaerossol de 1-estágio, modelo CF-6 (tipo Andersen) com espessura de 1,1 a 2,1 µm de diâmetro caracterizado por bomba de amostragem, fluxo taxa: 28,3 l/min, alimentação: 110 V, dimensões 241 x 139 x 114 mm e 3.880 g de peso localizado no meio da sala a 1,5m de altura do piso. Os dados foram fornecidos para este estudo com autorização e consentimento assinado pela empresa responsável pela coleta.

O crescimento e manutenção das culturas fúngicas foram realizados em meio Ágar Sabouraud Dextrose e mantidas de 3 a 7 dias em estufa, a 25°C. Após esse período, iniciou-se o processo de análise da amostra, realizado através da contagem do número de unidades formadora de colônias (UFC) a olho nu por placa.

A seguinte fórmula foi utilizada para determinar as UFC/m³:

$$UFC = \frac{N^{\circ} \text{ colônias/Placa de Petri}}{\text{Tempo de coleta (10min)}}$$

$$UFC/m^3 = \frac{UFC}{Vazão}$$

O tempo de coleta (10 minutos) foi convertido para 0,166 hora e a vazão do equipamento é de 28,3L/min, convertida para 1,698m³/h.

2.2.5 IDENTIFICAÇÃO DOS FUNGOS COLETADOS

Para uma análise macroscópica das colônias isoladas primeiramente, foram avaliadas características como cor, textura, superfície e pigmento disperso no meio de cultura.

A identificação dos fungos adquiridos nas amostras de ar foi realizada pela técnica de microcultura em lâmina, que consistiu no cultivo em lâminas microscópicas mantidas em câmara úmida (Placa de Petri contendo papel embebido em água). Para isso, 0,5 cm² do meio sólido Ágar Sabouraud foi transferido para o centro da lâmina. Com uma agulha esterilizada, cada colônia foi repicada para o fragmento do meio. Uma lamínula foi adicionada sobre o meio e incubada em

câmara úmida. A incubação foi realizada de 3 a 5 dias em estufa a 25°C. Com o microcultivo obtido, separou-se a lâmina da lamínula, removendo-se o pedaço de meio de cultura. Adicionou-se o corante lactofenol azul-algodão. Sobre o centro do crescimento, cobrindo-se com nova lamínula. As bordas da lamínula foram impermeabilizadas com esmalte cosmético. Ao microscópio óptico, caracterizou-se as estruturas vegetativas e reprodutivas para fins de identificação do gênero (CARVALHO *et al.*, 2018).

As análises estatísticas e a produção de gráficos foram realizadas no Microsoft Excel 2019.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 ASPECTOS REFERENTE AO CONFORTO E BEM-ESTAR

As tabelas 1 e 2 apresentam valores referentes à Umidade Relativa do ar (%), CO₂ (ppm) e temperatura (°C).

Tabela 1:Dados referente à confortabilidade das salas analisadas - Unidade Hospitalar 01

Local	CO2	Temperatura (°C)	Umidade (%)
Refeitórios	518	25,8	61,2
Sala de procedimento do cardiocenter	804	24,5	58,5
Emergência UDT	643	25,1	62,3
Oncologia	580	28,6	47,9
Sala 01 do Centro Obstétrico	694	23,2	65,0
Sala 02 do Centro Obstétrico	695	22,7	64,1
Sala 03 do Centro Obstétrico	697	22,7	62,8
Sala 04 do Centro Obstétrico	664	22,5	63,0
UTI Geral (adulto)	855	25,6	58,4
UTI Neonatal	944	25,2	64,0
UTI Cardiocirúrgica 01	571	24,2	67,6
UTI Cardiocirúrgica 02	880	25,9	59,7
Sala de Cirurgia 01	662	22,3	56,6
Sala de Cirurgia 02	768	22,5	61,8
Sala de Cirurgia 03	689	22,9	57,1
Sala de Cirurgia 04	844	23,1	64,4
Sala de Cirurgia 05	539	23,8	56,5
Sala de Cirurgia 06	579	25,9	56,5
Sala de Cirurgia 07	652	25,9	60,3
Sala pré-parto do Centro obstétrico	840	23,7	64,8
URPA 2° Andar	607	22,3	61,6
CME Arsenal	707	23,2	64,6
Valor máximo recomendável	≤ 1000 PPM	23°C a 26°C	40% a 65%

Fonte: Autor (2022)

Tabela 2:Dados referente à confortabilidade das salas analisadas - Unidade Hospitalar 02

Local	CO ₂	Temperatura (°C)	Umidade (%)
Enfermaria 103 Covid	1190	25,2	60,1
Enfermaria 101	1182	25,2	59,9
Enfermaria 103 Repouso	1200	25,1	59,2
Enfermaria 104 Covid	1000	25,1	52,4
URPA	1203	24,9	61,3
Bloco sala 02	1183	24,3	62,6
Bloco sala 03	1390	25,1	60,1
Bloco sala 04	950	25,1	62,3
UTI Neonatal	607	23,9	62,5
UTI Adulto	623	24,8	59,9
UTI Farmácia	620	23,1	58,5
Valor máximo recomendável	≤ 1000 PPM	23°C a 26°C	40% a 65%

Fonte: Autor (2022)

A concentração de CO₂ em ambientes interiores, segundo as recomendações da RE/ANVISA nº 9, não deve ultrapassar o limite de 1000 PPM. Sendo assim, ao analisar os dados da tabela 1, todos estão dentro do valor recomendável, enquanto na tabela 2, pode-se perceber que em sete dos 11 ambientes da unidade hospitalar 02, as medições indicam que o limite permitido por norma foi extrapolado.

Quanto à temperatura dos locais analisados pode-se perceber que na unidade hospitalar 01, apenas o ambiente da Oncologia o valor máximo permitido por lei, que deve variar entre 23°C a 26°C, estava com 2,6°C acima. Porém, na unidade hospitalar 02, todos os ambientes encontram-se dentro dos padrões exigidos por lei. Ao analisar os dados referentes à umidade relativa do ar, percebe-se que dentre as amostras da unidade hospitalar 01, a UTI Cardiocirúrgica 01 apresentou valor acima da faixa recomendável, de 40% a 65%, já para as amostras da unidade hospitalar 02 todos os ambientes apresentaram valores adequados referentes à umidade.

2.3.2 POPULAÇÃO FÚNGICA

Nas Tabelas 3 e 4 são apresentados os valores relativos às amostragens coletadas nos locais selecionados, demonstrando as unidades formadoras de colônias (UFC/m³) dos fungos, como também a relação I/E, (quantidade de fungos em ambiente interior (I) pela quantidade de fungos em ambiente externo (E)), e classificação do local de acordo com a legislação em vigor.

Tabela 3: Concentração (Unidade Formadora de Colônia - UFC/m³) de fungos aerotransportados - Unidade Hospitalar 01

Local	Número da Colônia	População Fúngica UFC/m ³	Razão I/E	Classificação
Refeitórios	44	156	0,8	Boas condições
Sala de procedimento do cardiocenter	11	39	0,2	Boas condições
Emergência UDT	35	124	0,6	Boas condições
Oncologia	9	32	0,2	Boas condições
Sala 01 do Centro Obstétrico	27	96	0,5	Boas condições
Sala 02 do Centro Obstétrico	20	71	0,4	Boas condições
Sala 03 do Centro Obstétrico	9	32	0,2	Boas condições
Sala 04 do Centro Obstétrico	20	71	0,4	Boas condições
UTI Geral (adulto)	16	57	0,3	Boas condições
UTI Neonatal	26	92	0,5	Boas condições
UTI Cardiocirúrgica 01	47	167	0,8	Boas condições
UTI Cardiocirúrgica 02	27	96	0,5	Boas condições
Sala de Cirurgia 01	43	153	0,8	Boas condições
Sala de Cirurgia 02	49	174	0,9	Boas condições
Sala de Cirurgia 03	6	21	0,1	Boas condições
Sala de Cirurgia 04	8	28	0,1	Boas condições
Sala de Cirurgia 05	13	46	0,2	Boas condições
Sala de Cirurgia 06	5	18	0,1	Boas condições
Sala de Cirurgia 07	18	64	0,3	Boas condições
Sala pré-parto do Centro obstétrico	18	64	0,3	Boas condições
URPA 2° Andar	161	571	2,9	Más condições
CME Arsenal	20	71	0,4	Boas condições
Coleta Externa	55	-	-	-
RE ANVISA nº 09: População Fúngica		<750 UFC/m ³	Relação I/E: < 1,5 = Boa e ≥ 1,5 = Ruim	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 4:Concentração (Unidade Formadora de Colônia - UFC/m³) de fungos aerotransportados - Unidade Hospitalar 02

Local	Número da Colônia	População Fúngica UFC/m ³	Razão I/E	Classificação
Enfermaria 103 Covid	356	1263	14,8	Más condições
Enfermaria 101	186	660	7,8	Más condições
Enfermaria 103 Repouso	57	202	2,4	Más condições
Enfermaria 104 Covid	60	213	2,5	Más condições
URPA	42	149	1,8	Más condições
Bloco sala 02	59	209	2,5	Más condições
Bloco sala 03	45	160	1,9	Más condições
Bloco sala 04	52	184	2,2	Más condições
UTI Neonatal	64	227	2,7	Más condições
UTI Adulto	26	92	1,1	Boas condições
UTI Farmácia	6	21	0,3	Boas condições
Coleta Externa	20	-	-	-
RE ANVISA nº 09: População Fúngica		<750 UFC/m ³	Relação I/E: < 1,5 = Boa e ≥ 1,5 = Ruim	

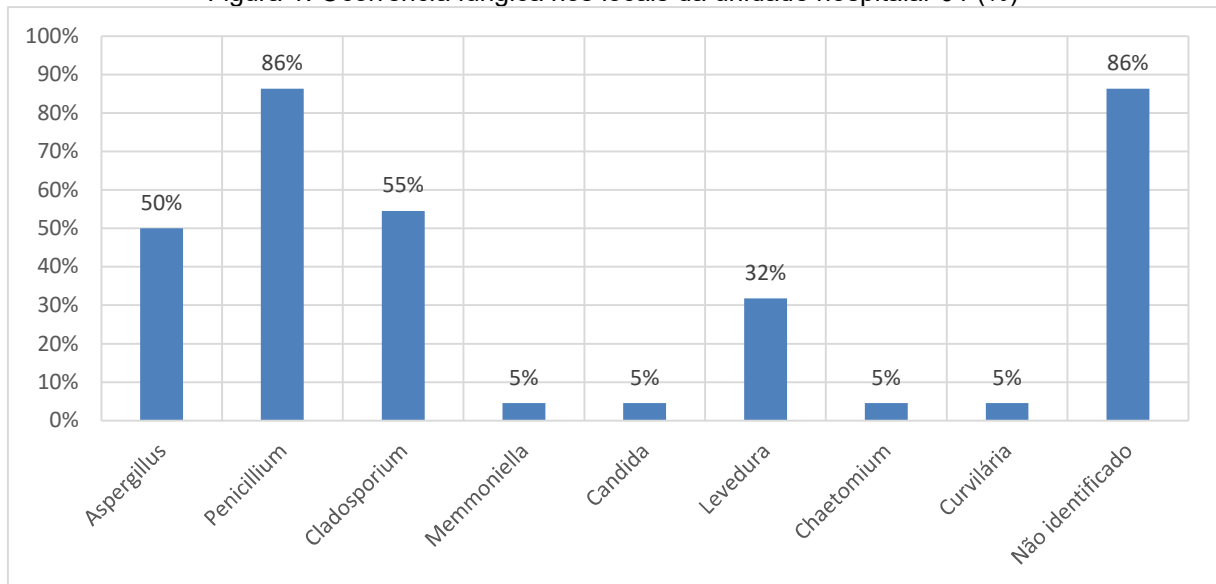
Fonte: Autor (2022)

De acordo com as análises na unidade hospitalar 01, todos os ambientes apresentaram menos de 750 UFC/m³, indicando níveis aceitáveis. Entretanto, apenas a amostra URPA 2º Andar apresentou uma concentração que classifica a sala em más condições, conforme a relação I/E da resolução nº 9 da ANVISA. Na unidade hospitalar 02, das onze amostras coletadas de ar, apenas a Enfermaria 103 Covid apresentou 1263 UFC/m³ indicando níveis não aceitáveis acima de 750 UFC/m³. No entanto, após observar a relação I/E apenas dois locais apresentaram condições aceitáveis pela legislação em vigor, os demais ambientes apresentam população fúngica elevada, conforme identificado na Enfermaria 103 Covid, que apresentou 1263 UFC/m³, valor muito acima do recomendado, que deve ser menor que 750 UFC/m³, para uma relação I/E ≤ 1,5 (ANVISA, 2003).

2.3.3 DIVERSIDADE FÚNGICA

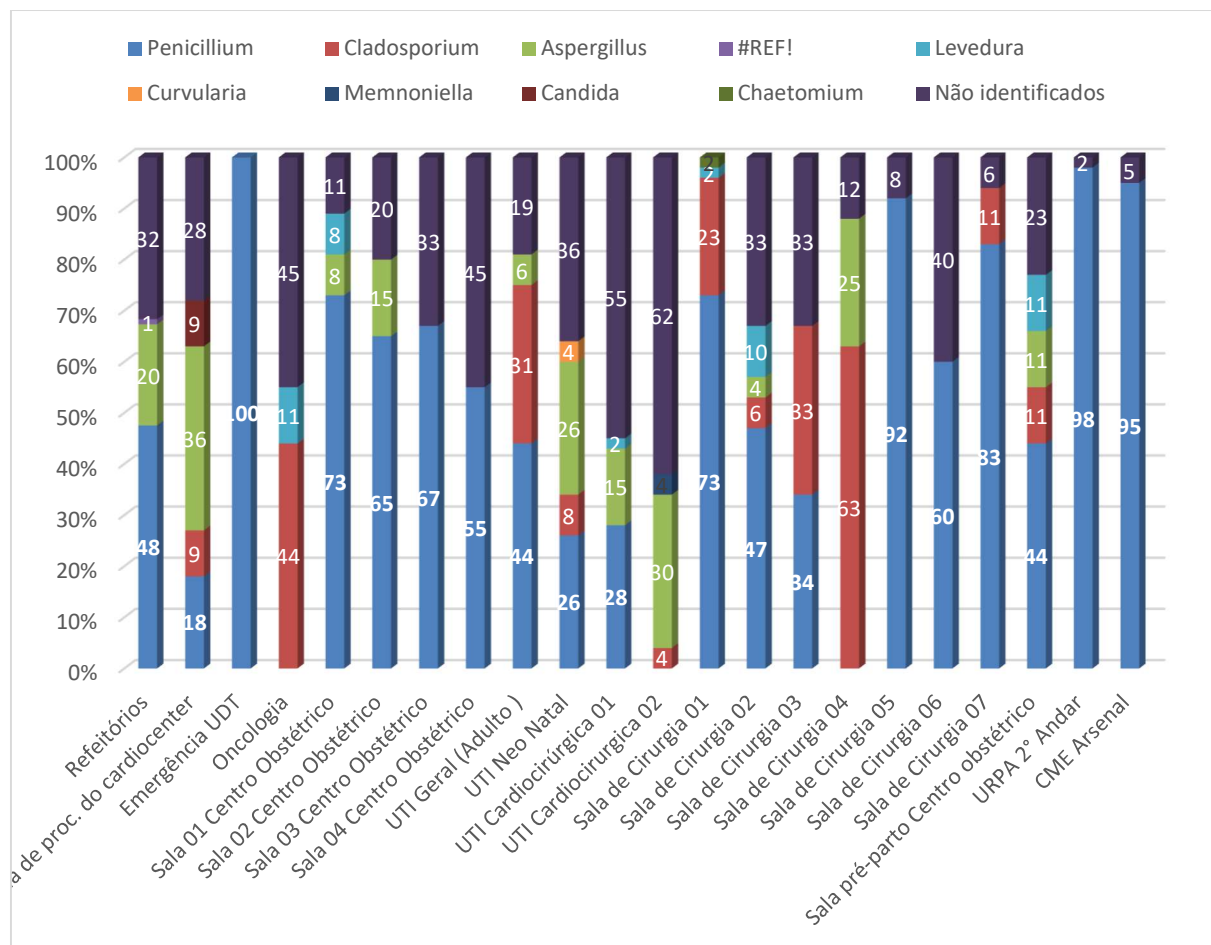
De acordo com a Figura 01 foram identificados sete gêneros fúngicos. O gênero *Penicillium* foi o que mais apareceu entre as amostras, em 86% dos locais analisados, seguido por *Cladosporium* (55%), formas de levedura (32%), *Aspergillus* 28%. Entretanto, em 86% dos locais, houve a ocorrência de amostras que não puderam ser identificados por não terem apresentado estruturas reprodutivas.

Figura 1: Ocorrência fúngica nos locais da unidade hospitalar 01 (%)



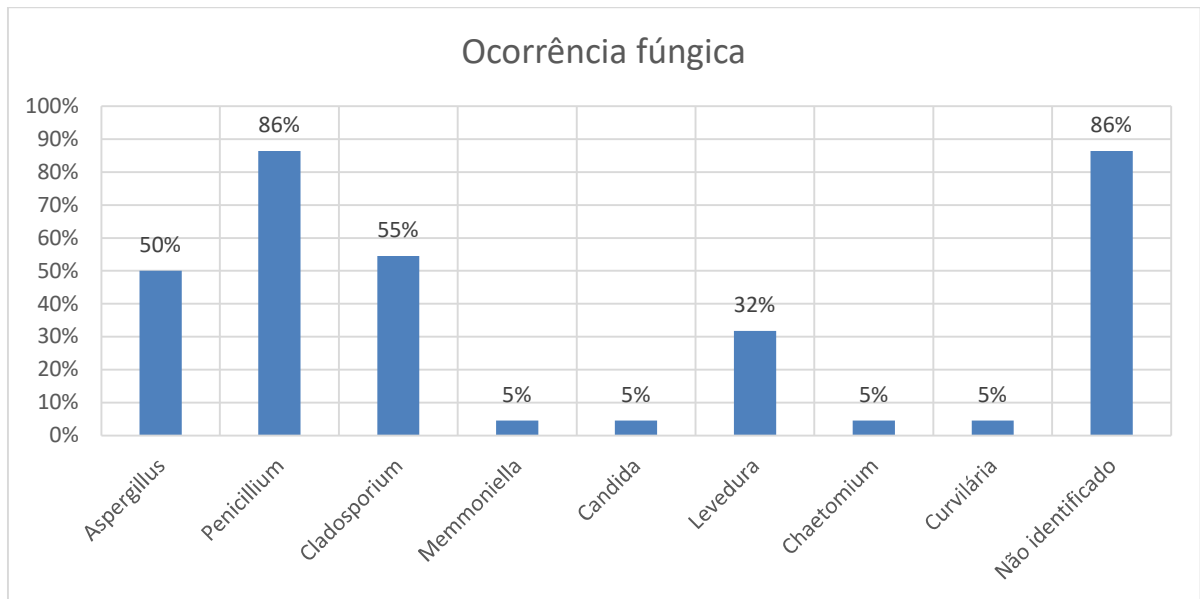
Fonte: Autor (2022)

Figura 2: Gêneros Fúngicos Identificados por ambiente (%) na unidade hospitalar 01



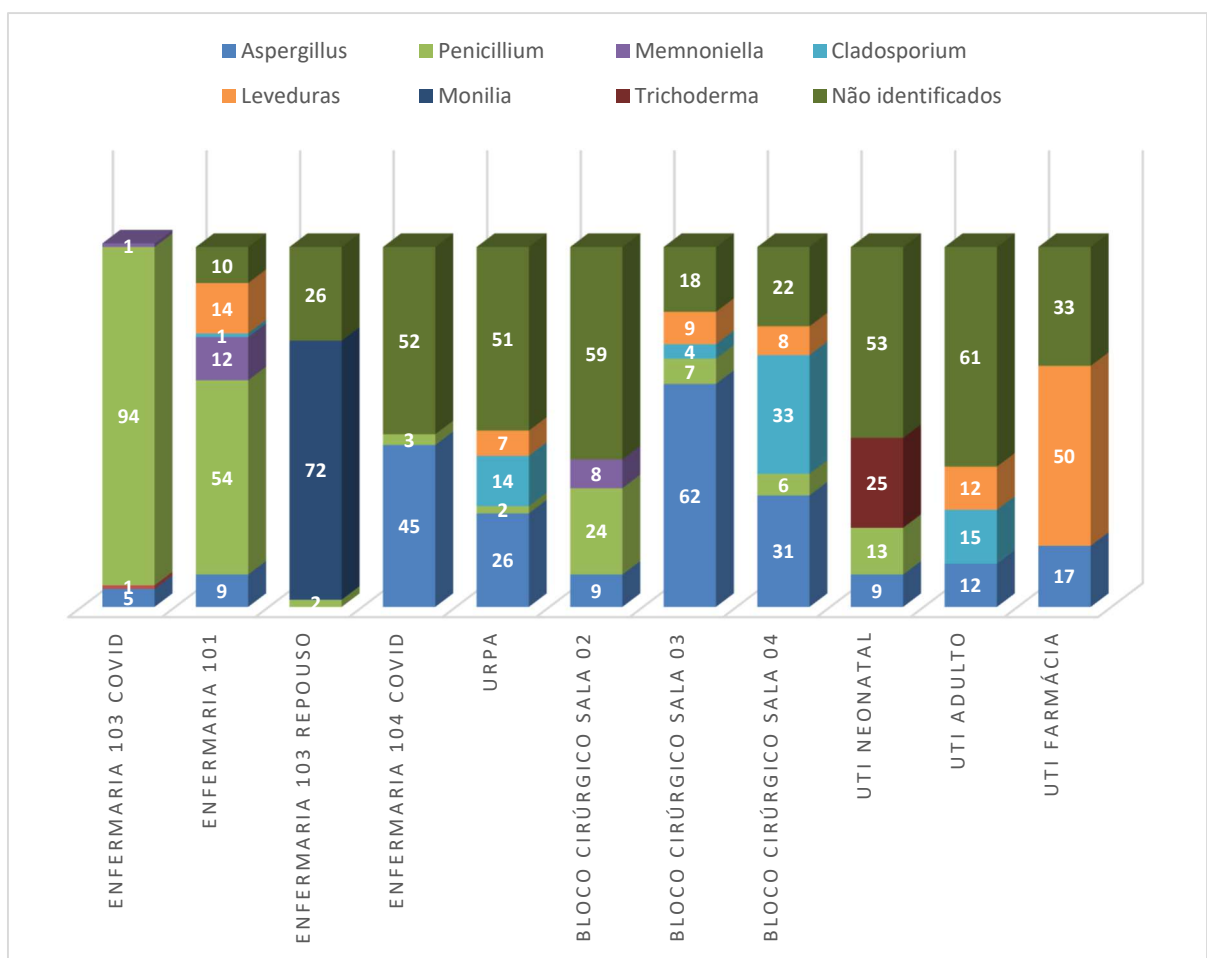
Fonte: Autor (2022)

Figura 3: Ocorrência fúngica nos locais da unidade hospitalar 02



Fonte: Autor (2022)

Figura 4: Gêneros Fúngicos Identificados por ambiente (%) na unidade hospitalar 02



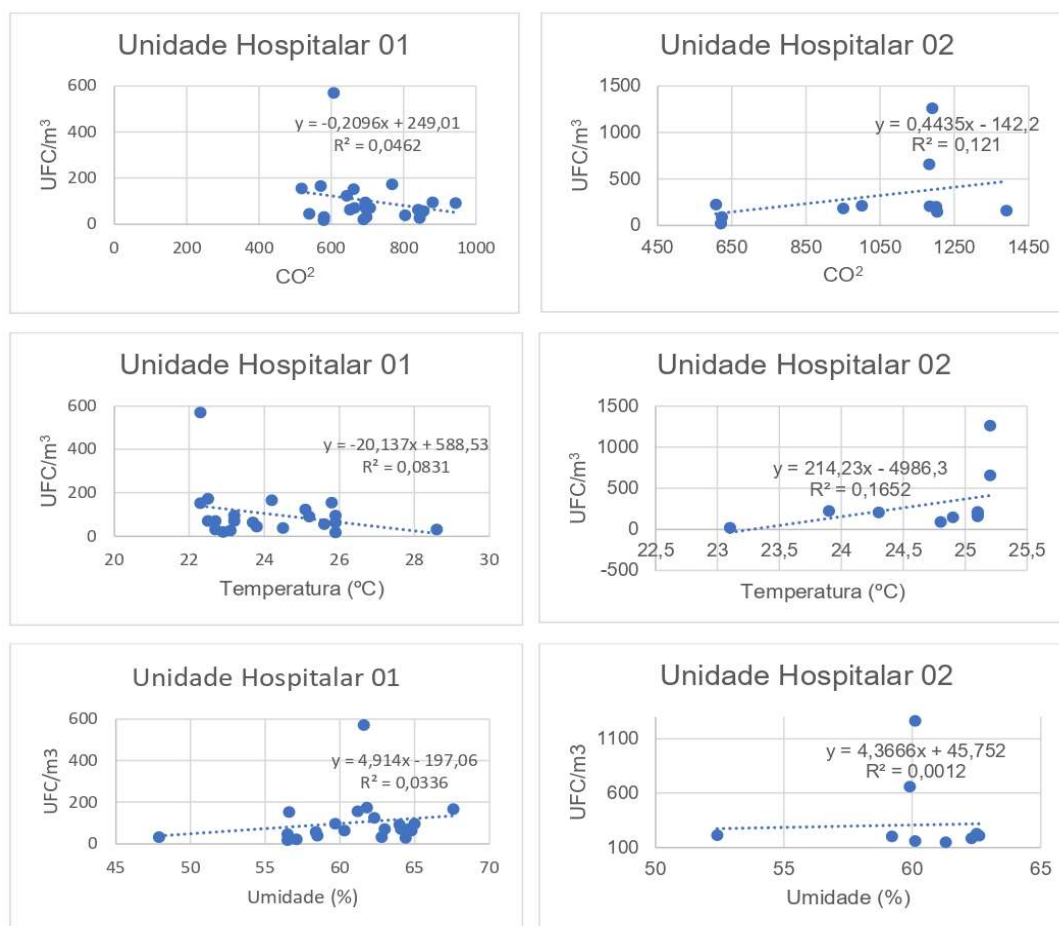
Fonte: Autor (2022)

Na unidade hospitalar 02 o gênero fúngico mais abundante foi *Penicillium* estando presente em 90% das amostras, *Aspergillus* aparece em segundo em 70%, seguido por *Cladosporium* com 50%. As formas de levedura com 50% e em 90% das amostras teve a ocorrência de gêneros onde sua identificação não foi possível devido à falta de desenvolvimento de estruturas reprodutivas. Salienta-se que os gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Memnoniella*, *Cladosporium* e *Trichoderma*, possuem potencial patogênico para doenças respiratórias, tais como alergias, rinite, sinusite, pneumonia etc.

2.5 ASSOCIAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS OBSERVADOS

O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para determinar a relação linear entre as variáveis de temperatura, CO₂ e umidade em relação à população fúngica (UFC/m³) de cada unidade hospitalar, demonstrado a partir da Figura 5.

Figura 5: Correlação entre as variáveis analisadas com UFC/m³



Fonte: Autor (2022)

A correlação linear percebida entre o CO₂ e a população fúngica (UFC/m³) na Unidade Hospitalar 01 foi negativa e fraca, assim com a Temperatura (°C) e a população fúngica (UFC/m³). Já para a unidade com a população fúngica (UFC/m³), a correlação apresentada foi positiva e fraca.

Na Unidade Hospitalar 02 percebe-se apenas correlação linear positiva. Entre CO₂ e a população fúngica (UFC/m³) e Umidade e a população fúngica, fraca correlação, e entre Temperatura e a População Fúngica fraca correlação positiva.

2.4 DISCUSSÃO

Estudos sobre a qualidade de ar em ambientes de interior climatizado são pontos importantes na garantia de saúde de seus ocupantes, uma vez que a má qualidade pode provocar doenças e agravamento de problemas de saúde já existentes em seus ocupantes. A legislação brasileira estipula um valor de 750 UFC/m³ de fungos para o ar em ambientes de interior climatizado, acima disso, o ar não se encontra em condições propícias para ser inalado. Porém, outros valores de UFC/m³ podem acometer a saúde de seus ocupantes, logo a qualidade do ar em ambientes climatizados deve ser analisada por um conjunto de dados, e não por parâmetros isolados (NUNES, 2003).

Os dados referentes à unidade hospitalar 01 quanto a UFC/m³, demonstram que apenas o URPA 2º Andar está fora dos padrões estabelecido por lei (571 UFC/m³), sendo o *Penicillium* o principal gênero encontrado (98%). Esse gênero está relacionado com infecção em pacientes imunodeprimidos que pode levar ao desenvolvimento de pneumonia, otomicose, endocardite, infecções do trato urinário, além de ser um produtor de toxinas carcinogênicas via intoxicação alimentar (PERRONE; SUSCA, 2017; LIMPER *et al.*, 2017).

A unidade hospitalar 02 encontra-se em condições críticas quanto aos dados de UFC/m³, das 11 áreas analisadas, apenas duas estão dentro dos limites aceitos pela legislação, com dados que variam de 149 UFC/m³ (URPA) a 1263 UFC/m³ (Enfermaria 103 Covid). Espécies de *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Memnoniella*, *Trichoderma*, foram observados nesses locais. Destacam-se, nessa unidade hospitalar as Enfermarias 03 e 04, ambas destinadas a pacientes com Covid-19, doença infecciosa que afeta principalmente o trato respiratório. A Enfermaria 103 Covid apresentou o maior número de UFC/m³ (1263), com colônias

de *Penicillium*, *Aspergillus* e *Memnoniella*. *Aspergillus* spp. são patógenos fúngicos associados a doenças das vias aéreas, podendo causar infecções fatais a depender do estado imunológico do hospedeiro (ENOCH, 2006). Xunliang *et al.* (2017), identificaram em um estudo realizado em quatro departamentos de um hospital em Pequim, a prevalência de *Aspergillus*, além de *Penicillium*, *Gibberela*, entre outros.

Rosenbaum *et al.* (2009), identificaram em seu estudo a ocorrência de *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, em maiores concentrações no período de verão Norte Americano em ambientes internos. O presente estudo, também realizado no verão, identificou grande ocorrência desses gêneros fúngicos nos ambientes analisados.

As altas taxas de contaminação da unidade hospitalar 02 podem estar associadas a diversos fatores, como fluxo de renovação do ar, tipos de equipamentos existentes no local, arquitetura e localização das salas, número de ocupantes e material utilizado na construção das salas, porém, outros estudos sobre o tema associam a má qualidade de ar à falta de limpeza e técnicas apropriadas de sanitização tanto do ambiente físico, como de equipamento e aos aparelhos de condicionamento de ar (SODRÉ; TÓRTORA; CORRÊA, 2014; ANDERSON *et al.*, 1996). Os gráficos apresentados na Figura 5 reforçam esse dado à medida que apresenta uma correlação positiva entre CO₂, Temperatura e Umidade com o número de população fúngica.

Machado *et al.* (2016), destacam em sua pesquisa a importância de controle e manutenção das taxas de umidades relativa do ar, uma vez que esta tem impacto direto na reprodução de micro-organismos. Em ambientes hospitalares, o controle dessa variante deve ser realizado a fim de combater a disseminação de bioaerossóis patógenos causadores de infecções hospitalares. Isso também é reforçado pela correlação positiva fraca, entre as umidades e a maior ocorrência de população fúngica nas Unidades Hospitalares apresentadas nesse estudo.

Sendo assim, dos ambientes analisados apenas a UTI cardiocirúrgica 01 da unidade hospitalar 01 apresentou dados superiores a 65%, limite estabelecido por lei. Mesmo com umidade elevada, o ambiente está classificado em boas condições por apresentar razão I/E abaixo de 1,5. Jones e Harrison (2004), relacionam além da umidade relativa, a velocidade do vento e radiação como variáveis que podem ter efeitos nas concentrações de aerodispersóides.

Os dados da Tabela 1 e 2 proporcionam entendimento acerca do conforto e bem-estar dos locais analisados. Cada varável possui parâmetros estipulados pela Resolução RE 09-2003 da ANVISA. Schirmer, Szymanski, Gauer (2009), utilizaram em seu estudo as mesmas variáveis físicas para determinar o conforto de uma agência bancária no Paraná, onde identificaram concentrações elevadas de CO₂, tornando o ar interno comprometido. Concentrações elevadas de CO₂ também foram identificadas no Hospital 02, onde 63% das salas apresentaram índices acima do permitido.

CONCLUSÃO

Elevada quantidade de fungos anemófilos de potencial patogênico está presente nos ambientes hospitalares analisados, sendo a unidade hospitalar 02, com maior número de salas comprometidas. Enquanto 4,55% das amostras do hospital 01 aparecem em más condições, das amostras referentes ao hospital 02, 81% estão fora dos padrões estabelecidos por lei, incluindo enfermarias Covid, blocos cirúrgicos e UTIs. *Penicillium* é o gênero de fungo mais presente nas amostras coletadas, outros gêneros como *Cladosporium*, *Aspergillus* e *Memnoniella*, também foram identificados nesses locais, indicando a necessidade de maior rigorosidade quanto aos procedimentos de limpeza e sanitização desses locais e dos equipamentos.

Dados referentes ao CO₂, temperatura e umidade, são importantes por contribuírem com o nível de reprodução e disseminação de micro-organismos, além de proporcionar conforto aos ocupantes. Ao analisar esses dados, pode-se perceber que em boa parte das amostras da unidade hospitalar 02, por mais que eles estejam dentro dos limites indicados pela legislação, isso não foi um fator limitante à formação de colônia fúngica, proporcionando altas taxas na razão I/E.

O perfil fúngico de cada unidade hospitalar é ímpar, pois está relacionado à finalidade de ocupação, às atividades desenvolvidas e à frequência de sanitização da sala e dos aparelhos de ar condicionados.

Por fim, os dados apresentados nesse estudo demonstram a importância do monitoramento constante da qualidade microbiológica de ar em ambientes hospitalares a fim de impedir o crescimento de micro-organismos patogênicos, evitando elevação nos índices de infecção hospitalar.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, Kenneth et al. Aspergillosis in immunocompromised paediatric patients: associations with building hygiene, design, and indoor air. **Thorax**, v. 51, n. 3, p. 256-261, 1996.

ASIF, Ayesha et al. Microbial quality assessment of indoor air in a large hospital building during winter and spring seasons. **Building and environment**, v. 135, p. 68-73, 2018.

AZUMA, Kenichi et al. Physicochemical risk factors for building-related symptoms in air-conditioned office buildings: Ambient particles and combined exposure to indoor air pollutants. **Science of the total Environment**, v. 616, p. 1649-1655, 2018.

BAURÈS, Estelle et al. Indoor air quality in two French hospitals: Measurement of chemical and microbiological contaminants. **Science of the total environment**, v. 642, p. 168-179, 2018.

CACIA DE MELO MACHADO, Eliana et al. Avaliação da qualidade do ar de um centro cirúrgico de um hospital do sul do Brasil. **Revista de Salud Pública**, v. 18, n. 3, p. 447-458, 2016.

CALUMBY, Rodrigo Jose Nunes et al. Isolamento e identificação da microbiota fúngica anemófila em Unidade de Terapia Intensiva. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 19708-19722, 2019.

DA COSTA, Rogério Francisco Werly et al. A QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES COMERCIAIS FECHADOS: PREVENINDO PATOLOGIAS ASSOCIADAS À PERMANÊNCIA DIÁRIA EM ESPAÇOS COM CLIMATIZAÇÃO ARTIFICIAIS. **Revista Científica Doctum Multidisciplinar**, v. 1, n. 2, 2019.

DA SILVA, Daniela Pinheiro. Infecções hospitalares associadas à qualidade do ar em ambientes climatizados. **Revista de Epidemiologia e Controle de Infecção**, v.

3, n. 4, p. 153-157, 2013.

DE CARVALHO, Hellen Karin; MARTINS, Débora Lemos; JUNIOR, Diniz Pereira Leite. Isolamento e identificação de microrganismos fúngicos em alimentos em grãos conservados e expostos em feiras livres e supermercados das cidades de Cuiabá e Várzea Grande/MT. **TCC-Biomedicina**, 2018.

DO NASCIMENTO, José Soares et al. Assessment of the abundance and diversity of airborne fungi in two different air conditioning systems in Paraíba, Brazil.

ENOCH, D. A.; LUDLAM, H. A.; BROWN, N. M. Invasive fungal infections: a review of epidemiology and management options. **Journal of medical microbiology**, v. 55, n. 7, p. 809-818, 2006.

FORTHOMME, Audrey et al. Evolution of microbial aerosol behaviour in heating, ventilating and air-conditioning systems—quantification of *Staphylococcus epidermidis* and *Penicillium oxalicum* viability. **Environmental technology**, v. 33, n. 19, p. 2217-2221, 2012.

HATAYAMA, Kouta; OIKAWA, Yurika; ITO, Hiroyuki. Bacterial community structures in air conditioners installed in Japanese residential buildings. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 111, n. 1, p. 45-53, 2018.

JONES, Alan M.; HARRISON, Roy M. The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations—a review. **Science of the total environment**, v. 326, n. 1-3, p. 151-180, 2004.

LAI, Ka Man; SUNG, Yik Hei; MA, Kowk Keung. Viable airborne microbial counts from air-cooling units with and without complaints of urine and body odors. **Aerobiologia**, v. 33, n. 2, p. 229-241, 2017.

LIMPER, Andrew H. et al. Fungal infections in HIV/AIDS. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 17, n. 11, p. e334-e343, 2017.

NAHAND, Javid Sadri et al. Circular RNAs: new epigenetic signatures in viral infections. **Frontiers in microbiology**, p. 1853, 2020.

PERRONE, Giancarlo; SUSCA, Antonia. Penicillium species and their associated mycotoxins. **Mycotoxigenic fungi**, p. 107-119, 2017.

ROSENBAUM, Paula F. et al. Indoor airborne fungi and wheeze in the first year of life among a cohort of infants at risk for asthma. **Journal of exposure science & environmental epidemiology**, v. 20, n. 6, p. 503-515, 2010.

RUMCHEV, Krassi; ZHAO, Yun; SPICKETT, Jeffery. Health risk assessment of indoor air quality, socioeconomic and house characteristics on respiratory health among women and children of Tirupur, South India. **International journal of environmental research and public health**, v. 14, n. 4, p. 429, 2017.

SEGUEL, Joseph M. et al. Indoor air quality. **American journal of lifestyle medicine**, v. 11, n. 4, p. 284-295, 2017.

SOBRAL, Laureana de Vasconcelos. **Fungos anemófilos em ambientes climatizados: prevalência, produção de enzimas e atividade antibacteriana**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

SCHIRMER, Waldir Nagel; SZYMANSKI, Mariani Silvia Ester; GAUER, Mayara Ananda. Qualidade do ar interno em ambientes climatizados—verificação dos parâmetros físicos e concentração de dióxido de carbono em agência bancária. **Tecno-Lógica**, v. 13, n. 1, p. 41-45, 2009.

SODRÉ, Eduardo Delfino; DE OLIVEIRA TÓRTORA, João Carlos; CORRÊA, Sergio Machado. Avaliação da qualidade do ar interior do Hospital Universitário Pedro Ernesto. **Revista Sustinere**, v. 2, n. 2, p. 36-56, 2014.

TONG, Xunliang et al. High diversity of airborne fungi in the hospital environment as

revealed by meta-sequencing-based microbiome analysis. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2017.

VERDE, Sandra Cabo et al. Microbiological assessment of indoor air quality at different hospital sites. **Research in microbiology**, v. 166, n. 7, p. 557-563, 2015.

ZENAIDE-NETO, Hermano; DO NASCIMENTO, José Soares. Air quality and microbiological control in a hospital in Paraíba, Brazil. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 7, n. 9, p. 99-108, 2020.

3. QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO AR CLIMATIZADO EM AMBIENTES CONFINADOS: TRÊS ESCRITÓRIOS NA CIDADE DE RECIFE – PE

Klebson Cordeiro Costa¹, José Soares do Nascimento²

¹ Departamento de Sistemática e Ecologia, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, Brasil

² Departamento de Fisiologia e Patologia – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, Brasil

RESUMO

Os danos oriundos das atividades antropogênicas estão ganhando cada vez mais espaço nos debates científicos devido à urgência da implementação de um modelo de crescimento mais sustentável. Além de impactos mais amplos, como alterações climáticas e derretimento de geleiras, essas atividades têm interferido diretamente na saúde dos ocupantes em ambientes construídos que possuem o ar interior climatizado. O ar poluído desses locais leva aos ocupantes o desenvolvimento de um conjunto de doenças como sintomas de alergias, irritação de mucosa, asma, entre outros. Com base na importância do monitoramento do ar de ambientes internos na manutenção da saúde de seus ocupantes, o presente estudo teve por objetivo analisar a qualidade microbiológica do ar interno em três escritórios na cidade de Recife – PE. A coleta dos anemófilos foi realizada por um impactador de bioaerossol do tipo Andersen contendo placa de Petri com ágar *Sabouraud*. Após a coleta, as amostras foram incubadas, obtendo-se as unidades formadoras de colônias e procedeu-se a identificação dos gêneros fúngicos com base na morfologia reprodutiva via microscopia. Foram obtidos dados da concentração de dióxido de carbono (CO₂), umidade e temperatura nos locais de coletas, para avaliar a confortabilidade proporcionada pelo ar. Correlações fracas, positivas e negativas foram percebidas entre CO₂, umidade e temperatura com a população fúngica. O Escritório 02 apresentou maior número de salas comprometidas em relação aos outros dois. Os gêneros fúngicos de maior ocorrência foram *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, além de ter sido identificado bactérias do tipo bacilos Gram negativos, que possui alguns representantes patogênicos aos seres humanos. Os dados desse estudo demonstram a importância de observar os parâmetros que proporcionam uma boa qualidade de ar a fim de garantir a saúde e bem estar dos ocupantes.

Palavras-chave: Escritório; Anemófilos; *Penicillium*

3.1 INTRODUÇÃO

O modelo socioeconômico vigente em boa parte dos países tem causado consequências danosas ao meio ambiental. Emissões de gases de efeito estufa oriundas de ações antropogênicas, tem motivado mudanças climáticas, alterações nos padrões de precipitações, derretimento de geleiras, entre outras (WHEELER; WATTS, 2018).

De acordo com Poole *et al.* (2019), alterações nas condições climáticas também afetam ambientes internos construídos, como casas, hospitais e escritórios, por exemplo. Além de desastres ocasionados por eventos climáticos extremos, em um estudo realizado após as inundações causadas pelos furacões Katrina e Rita em New Orleans, Louisiana, em 2005, identificou-se um crescimento da microbiota de ambientes interno quanto aos níveis fúngicos e endotoxinas.

Além de mudanças climáticas, outros fatores podem interferir na qualidade do ar interno, incluindo: poluentes externos, presença de animais de estimação, alérgenos internos (ácaros, pólenes, fungos, vírus e bactérias) pouca ventilação, uso incorreto de ar-condicionado, mobiliários, fotocopiadoras, impressoras e *scanners*, além de atividades como fumar e cozinhar e inadequada iluminação (EGUILUZ-GRACIA, 2020; GAWANDE, 2020).

Os impactos negativos que a má qualidade de ar em ambientes internos, como escritórios e repartições públicas pode causar na saúde de seus ocupantes, têm ocasionado um maior interesse em estudos desse tipo. Os trabalhadores desses locais, que representam grande parte da força de trabalho de diversos países, estão expostos a concentrações de poluentes químicos, físicos e biológicos, em muitos casos, maiores que o ar em ambiente externo (CARRER e WOLKOFF, 2018).

Wolkoff (2018), afirma que a poluição do ar interno configura-se como sendo um dos principais fatores de risco à saúde. Edifícios que proporcionam aos seus ocupantes sintomas de fadiga, dor de cabeça, falta de concentração e irritação da pele e das mucosas, caracterizam a Síndrome do Edifício Doente (SED).

Edifícios comerciais e repartições públicas devem fornecer um ambiente agradável e propício que satisfaça às necessidades dos seus trabalhadores. A falta de manutenção interna, combinada com o uso incorreto de técnicas de sanitização, podem agravar a qualidade do ar interno, diminuindo o conforto, comprometendo o

ritmo de trabalho e influenciando na produtividade (FAHAD ALOMIRAH, MODA; 2020).

Os bioaerossóis, especialmente os fungos aerotransportados, tem se tornado cada vez mais objeto de pesquisa devido os riscos que estes apresentam à saúde humana, bem como por ser bioindicadores. As micotoxinas, metabólitos voláteis e esporos liberados no ambiente, contribuem para a SED e podem causar doenças infecciosas aos usuários (LIU *et al.*, 2020). Straus (2009), em seu estudo identificou os gêneros *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Memnoniella*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Trichoderma*, nos edifícios analisados. Nascimento *et al.* (2020), além destes identificou gêneros de *Curvularia*, *Neurospora* e *Alternaria*.

Umidade do ar elevada está associada à ocorrência de mofo que pode induzir o crescimento de bactérias. Componentes microbianos de bactérias, endotoxinas, também estão associados à SED (FU *et al.*, 2021). Essas bactérias produtoras de endotoxinas flutuam no ar associadas ou não à aerossóis que quando inaladas podem causar reações adversas nos seres humanos, como asma, alergias e pneumonias (NIU, 2020). A falta de manutenção nos aparelhos de ar-condicionado pode levar ao aparecimento de biofilme em suas bobinas, que pode induzir a aerossolização de micro-organismos no ar (BAKKER, 2020).

Sendo assim, devido à importância do monitoramento e análise da qualidade de ar em ambientes de interior climatizado, o presente estudo teve como objetivo analisar a qualidade microbiológica de três escritórios, localizadas na cidade de Recife-PE, como também fatores climáticos, como temperatura, dióxido de carbono (CO₂) e umidade relativa do ar, e avaliar se as mesmas encontram-se de acordo com a regulamentação federal vigente.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2 LOCALIZAÇÃO DO LABORATÓRIO

A manipulação das amostras e micro-organismos foi realizada no laboratório de Microbiologia do Departamento de Fisiologia e Patologia (DFP) localizado no Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

3.2.2 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE ESTUDO

O presente estudo compreende informações sobre a qualidade microbiológica de ar em três escritórios localizadas na cidade de Recife, capital pernambucana. Os Escritórios 1 e 2, na Ilha do Leite e o Escritório 3 está localizada no Pina.

No Escritório 1, seis ambientes foram analisados, no Escritório 2, quinze ambientes foram analisados e no Escritório 3 a qualidade microbiológica do ar de doze salas foram analisadas. Os ambientes de coleta foram divididos em copas, arquivos, recepções, salas de reuniões, treinamento, entre outras.

3.2.3 OBTENÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂), TEMPERATURA E UMIDADE

A concentração de dióxido de carbono (CO₂) em partes por milhão (ppm) nos ambientes internos foi obtida utilizando um equipamento de leitura direta das partículas de CO₂ em cada sala. Para a obtenção da umidade e temperatura de cada sala, foi utilizado um Termo-higrômetro. A coleta ocorreu em paralelo com as demais coletas e foi realizada por uma empresa terceirizada que cedeu os dados. Os parâmetros utilizados foram os recomendados pela RE/ANVISA nº 9, com o valor máximo recomendável de CO₂ no ambiente sendo de ≤ 1000 PPM. A faixa recomendável de temperatura nas condições internas para verão deverá variar de 23°C a 26°C. A umidade relativa para verão deverá variar de 40% a 65%. Estes são os indicadores de conforto e bem-estar.

3.2.4 COLETA E ISOLAMENTO DE FUNGOS ANEMÓFILOS

As amostras foram coletadas nos ambientes utilizando o método ativo por impactação de ar. Diante do grande número de amostras, a amostragem foi realizada em dois dias, com amostragem diária em local externo durante o período de verão. O equipamento utilizado na amostragem foi um modelo de impactador bioaerossol de 1-estágio, modelo CF-6 (tipo Andersen) com espessura de 1,1 a 2,1 µm de diâmetro caracterizado por bomba de amostragem, fluxo taxa: 28,3 L/min, alimentação: 110 V, dimensões 241 x 139 x 114 mm e 3.880 g de peso localizado no meio da sala a 1,5m de altura do piso. Os dados foram fornecidos para este estudo com autorização e consentimento assinado pela empresa responsável pela coleta.

O crescimento e manutenção das culturas fúngicas foi realizado em meio Ágar Sabouraud Dextrose e mantidas de 3 a 7 dias em estufa, a 25°C. Após esse período, iniciou o processo de análise da amostra, realizado através da contagem do número de unidades formadora de colônias (UFC) a olho nu por placa.

A seguinte fórmula foi utilizada para determinar as UFC/m³:

$$UFC = \frac{N^{\circ} \text{ colônias/Placa de Petri}}{\text{Tempo de coleta (10min)}}$$
$$UFC/m^3 = \frac{UFC}{Vazão}$$

O tempo de coleta (10 minutos) foi convertido para 0,166 hora e a vazão do equipamento é de 28,3L/min, convertida para 1,698m³/h.

3.2.5 IDENTIFICAÇÃO FÚNGICA COLETADA

A análise das colônias isoladas foi realizada a olho nu, onde foram observadas características como cor, textura, superfície e pigmento disperso no meio de cultura.

A identificação dos fungos coletados nas amostras de ar foi realizada pela técnica de microcultura em lâmina, que consistiu no cultivo em lâminas microscópicas mantidas em câmara úmida (Placa de Petri contendo papel embebido em água). Para isso, 0,5 cm² de Ágar Sabouraud foi transferido para o centro da lâmina. Com uma agulha esterilizada, cada colônia foi repicada para o fragmento do meio. Uma lamínula foi adicionada sobre o meio e incubada em câmara úmida. A incubação foi realizada de 3 a 5 dias em estufa a 25°C. Com o microcultivo obtido, separou-se a lâmina da lamínula, removendo-se o pedaço de meio de cultura. Adicionou-se o corante lactofenol azul-algodão. Sobre o centro do crescimento, cobrindo-se com nova lamínula. As bordas da lamínula foram impermeabilizadas com esmalte cosmético. Ao microscópio óptico, caracterizaram-se as estruturas vegetativas e reprodutivas para fins de identificação do gênero (CARVALHO *et al.*, 2018).

3.3 RESULTADOS

3.3.1 ASPECTOS REFERENTES AO CONFORTO E BEM-ESTAR

As tabelas 5, 6 e 7, apresentam valores referente a concentrações de CO₂ (ppm), umidade relativa do ar (%) e temperatura, dados utilizados para determinar a sensação de bem-estar e confortabilidade nesses locais.

As tabelas 5, 6 e 7, apresentam valores referente a concentrações de CO₂ (ppm), umidade relativa do ar (%) e temperatura, dados utilizados para determinar a sensação de bem-estar e confortabilidade nesses locais.

Tabela 5 - Dados referente à confortabilidade das salas analisadas - Escritório 01

Local	CO ₂	Temperatura (°C)	Umidade (%)
20º Andar - Coordenação	832	22	67
20º Andar - Reunião I	602	24	61
20º Andar - Reunião II	808	23	53
21º Andar – Coordenação	551	24	64
21º Andar - Sala de reunião I	873	22	63
21º Andar - Sala de reunião II	601	23	64
Valor máximo recomendável	≤ 1000 PPM	23°C a 26°C	40% a 65%

Fonte: Autor (2022)

Tabela 6 - Dados referente à confortabilidade das salas analisadas - Escritório 02

Local	CO ₂	Temperatura (°C)	Umidade (%)
18º Andar - Sala de recepção	663	23	56
18º Andar - Desenvolvimento	570	24	58
18º Andar - Sala de reunião I	637	22	50
18º Andar - Sala de reunião II	845	24	50
18º Andar – Salão	656	24	50
18º Andar - Arquivo I	661	23	57
18º Andar - Copa	894	21	58
23º Andar - Sala de recepção	780	22	65
23º Andar - Sala de reunião I	1168	23	62
23º Andar - Sala de reunião II	1007	22	57
23º Andar - Sala de reunião III	717	24	48
23º Andar – Salão	604	23	58
23º Andar - Arquivo I	750	25	62
23º Andar - Arquivo II	845	25	68
23º Andar – Copa	710	24	60
Valor máximo recomendável	≤ 1000 PPM	23°C a 26°C	40% a 65%

Fonte: Autor (2022)

Tabela 7 - Dados referente à confortabilidade das salas analisadas - Escritório 03

Local	CO ₂	Temperatura (°C)	Umidade (%)
17º Andar – Recepção	716	24	57
17º Andar – Coordenação	661	21	61
17º Andar – Treinamento	739	25	57
17º Andar – Refeitório	702	26	55
17º Andar – Arquivo	679	22	63
18º Andar – Recepção	619	23	62
18º Andar – Coordenação	859	23	57
18º Andar - Gerência Executiva Habitação	704	23	57
18º Andar - Gerência Executiva Governo	649	23	61
18º Andar - Sala de reunião I	614	23	64
18º Andar - Sala de reunião II	614	24	64
18º Andar - Sala de reunião III	650	23	58
Valor máximo recomendável	≤ 1000 PPM	23°C a 26°C	40% a 65%

Fonte: Autor (2022)

A resolução nº 9 da Anvisa de 2003 recomenda valores para os parâmetros abordados nas tabelas anteriores, que são CO₂, temperatura e umidade. As concentrações de CO₂ não devem ultrapassar o limite de 1000 ppm. Logo, percebe-se que apenas no Escritório 02, em dois locais, esse valor foi extrapolado, que foram: 23º Andar - Sala de reunião I e 23º Andar - Sala de reunião II.

Quanto aos valores referentes à temperatura, a faixa recomendável pela resolução deve variar de 23°C a 26°C. Percebe-se que em nenhum local dos três Escritórios o valor máximo foi ultrapassado, porém, o valor mínimo foi constatado com pequena variação na Coordenação e no Arquivo do 17º andar do Escritório 03, com 21°C e 22°C respectivamente, na Coordenação do 20º andar e Sala de reunião I do 21º Andar, no Escritório 01, 1°C abaixo do recomendado. Nos dados referentes ao Escritório 02, percebe-se valores fora da faixa recomendável na Sala de reunião I e copa do 18º andar, e na Sala de recepção e Sala de reunião II do 23º andar, com valores de 1°C a 2°C abaixo do recomendado.

Em relação à umidade a faixa recomendável para o verão deverá variar de 40% a 65%. Logo, ao analisar os dados referentes ao Escritório 01, percebe-se que a Coordenação do 20º andar ultrapassou os limites. Já no Escritório 02, o Arquivo II do 23º andar apresentou umidade de 68%, valor acima do recomendado pela resolução. No escritório 03, percebe-se que todos os ambientes apresentaram valores dentro da faixa recomendável.

3.3.2 POPULAÇÃO FÚNGICA

As Tabelas 8, 9 e 10 apresentam os valores referentes ao número de colônias por placa de Petri, a unidade formadora de colônias dos fungos (UFC/m³), a relação I/E, como também a classificação do local, realizada de acordo com a legislação em vigor, onde ambientes classificados em “más condições” se faz necessário uma investigação para identificar a fonte poluidora e realizar uma intervenção corretiva.

Tabela 8 - Concentração (Unidade Formadora de Colônia - UFC/m³) de fungos aerotransportados – Escritório 01

Local de amostragem	Número de Colônias	População fúngica (UFC/m ³)	Razão I/E	Classificação
20º Andar – Coordenação	19	67	0,4	Boas condições
20º Andar - Reunião I	36	128	0,8	Boas condições
20º Andar - Reunião II	65	231	1,5	Más condições
21º Andar – Coordenação	245	869	5,6	Más condições
21º Andar - Sala de reunião I	159	564	3,6	Más condições
21º Andar - Sala de reunião II	47	167	1,1	Boas condições

Fonte: Autor (2022)

Tabela 9 - Concentração (Unidade Formadora de Colônia - UFC/m³) de fungos aerotransportados – Escritório 02

Local de amostragem	Número de Colônias	População fúngica (UFC/m ³)	Razão I/E	Classificação
18º Andar - Sala de recepção	68	241	2,2	Más condições
18º Andar - Desenvolvimento	74	263	2,4	Más condições
18º Andar - Sala de reunião I	131	465	4,2	Más condições
18º Andar - Sala de reunião II	68	241	2,2	Más condições
18º Andar – Salão	107	380	3,5	Más condições
18º Andar - Arquivo I	76	270	2,5	Más condições
18º Andar - Copa	71	252	2,3	Más condições
23º Andar - Sala de recepção	81	287	2,3	Más condições
23º Andar - Sala de reunião I	108	383	3,5	Más condições
23º Andar - Sala de reunião II	226	802	7,3	Más condições
23º Andar - Sala de reunião III	55	195	1,8	Más condições
23º Andar – Salão	38	135	1,2	Boas condições
23º Andar - Arquivo I	25	89	0,8	Boas condições
23º Andar - Arquivo II	20	71	0,6	Boas condições
23º Andar – Copa	46	163	1,5	Más condições

Fonte: Autor (2022)

Tabela 10 - Concentração (Unidade Formadora de Colônia - UFC/m³) de fungos aerotransportados – Escritório 03

Local de amostragem	Número de Colônias	População fúngica (UFC/m ³)	Razão I/E	Classificação
17º Andar - Recepção	30	106	0,8	Boas condições
17º Andar - Coordenação	34	121	0,9	Boas condições
17º Andar - Treinamento	64	227	1,8	Más condições
17º Andar - Refeitório	28	99	0,8	Boas condições
17º Andar - Arquivo	32	114	0,9	Boas condições
18º Andar - Recepção	58	206	1,6	Más condições
18º Andar - Coordenação	74	263	2,1	Más condições
18º Andar - Gerência Executiva Habitação	31	110	0,9	Boas condições
18º Andar - Gerência Executiva Governo	172	610	4,8	Más condições
18º Andar - Sala de reunião I	138	490	3,8	Más condições
18º Andar - Sala de reunião II	26	92	0,7	Boas condições
18º Andar - Sala de reunião III	14	50	0,4	Boas condições

Fonte: Autor (2022)

Ao analisar o Escritório 01 (Tabela 8), pode-se perceber que no 21º Andar – Coordenação apresentou população fúngica acima do permitido (869 UFC/m³), sendo que dos seis ambientes analisados três (50%) deles apresentaram a razão I/E elevada, variando entre 1,5 e 5,6. Portanto, esses ambientes (Sala de reunião 2 no 20º andar, coordenação e a sala de reunião 1 no 21º andar) encontram-se em “más condições” em relação a população fúngica presente no ar, indicado pela razão I/E que deve ser < 1,5, conforme a resolução nº 9 da Anvisa de 2003.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 9, referentes ao Escritório 02, também foi encontrado um ambiente com população fúngica maior que 750 UFC/m³ (23º Andar - Sala de reunião II) e dos quinze ambientes analisados 12 (80%) deles apresentaram população fúngica elevada, com a razão I/E variando de 1,5 a 7,3, sendo assim, esses 80%, representados por salas de recepção, Desenvolvimento, reunião I, reunião II, salão, arquivo I e a copa do 18º andar, recepção, reunião I, reunião II, reunião III e a copa do 23º andar, são classificados em “más condições” devido a relação I/E ser ≥ 1,5. Os 20% restante apresentam população fúngica dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação.

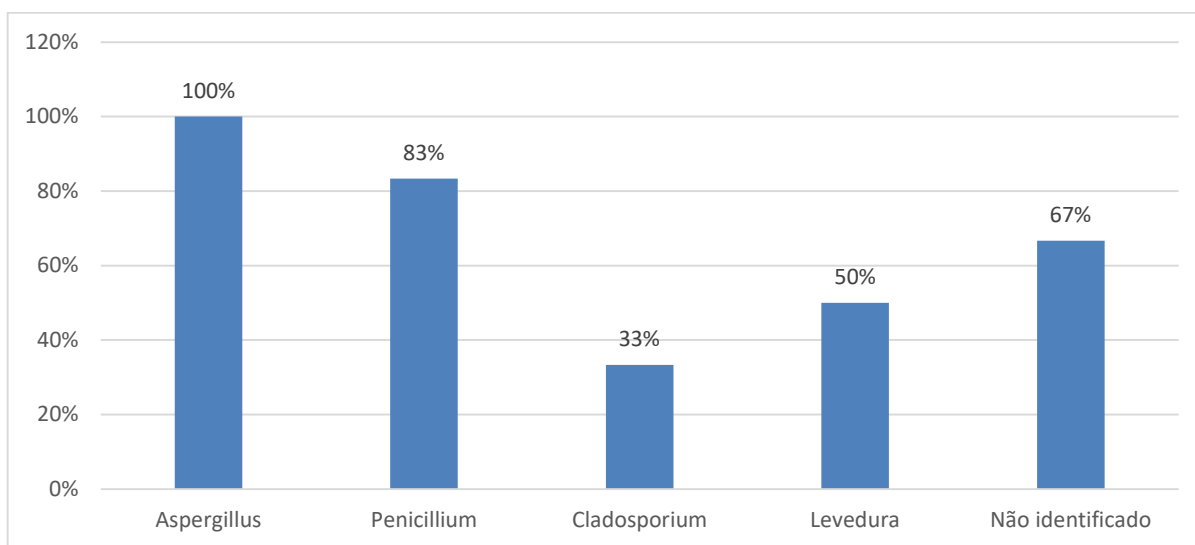
Conforme apresentado na Tabela 10, no Escritório 03 dos doze locais analisados, cinco (42%) apresentaram população fúngica acima do recomendado pela legislação, com variação 1,6 a 4,8 de razão I/E. Portanto os ambientes (sala de treinamento no 17º andar, recepção, a coordenação, a Gerência Executiva do

Governo e a sala de reunião I, no 18º andar), foram classificados em “más condições” por apresentarem relação I/E $\geq 1,5$.

3.3.3 DIVERSIDADE FÚNGICA

A figura 6 representa os valores referentes à diversidade fúngica apresentada no Escritório 01. Com base nos dados apresentados nela, três gêneros fúngicos foram identificados. Sendo o *Aspergillus* com maior ocorrência (100%), ou seja, dos seis locais analisados, em todos foram identificados esse gênero, seguido de *Penicillium* (83.33%), equivalendo a um total de cinco salas, e *Cladosporium*, com 33.33%, correspondendo a ocorrência em duas salas. Em três salas analisadas (50%) foram caracterizadas formas de leveduras e em quatro salas (66,67%) houve a ocorrência de gêneros que sua identificação não foi possível.

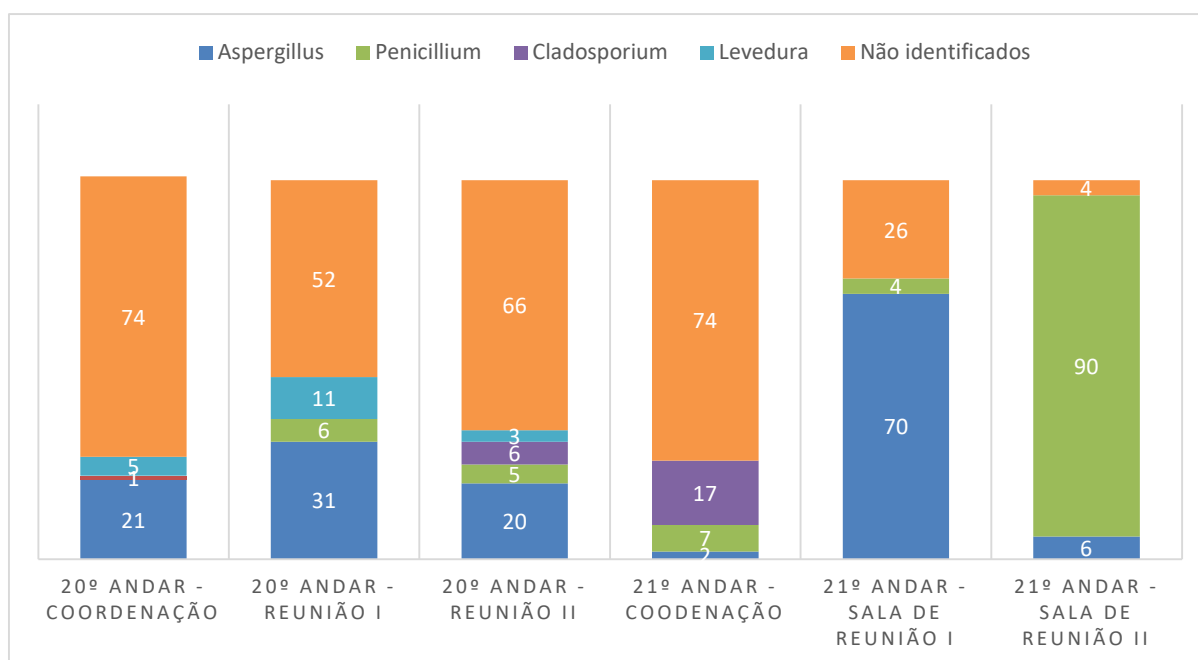
Figura 6: Diversidade fúngica do Escritório 01



Fonte: Autor (2022)

A figura 7 mostra que a maioria dos isolados não foi possível identificar, exceto no 21º andar sala de reuniões I e II. Dentre os espécimes identificados houve predomínio de *Penicillium* (21º andar sala de reuniões II) e *Aspergillus* (21º andar sala de reuniões I). Nos demais ambientes houve maior variação, com destaque para *Aspergillus* e *Cladosporium*. Constata-se o surgimento também de formas de leveduras em três ambientes.

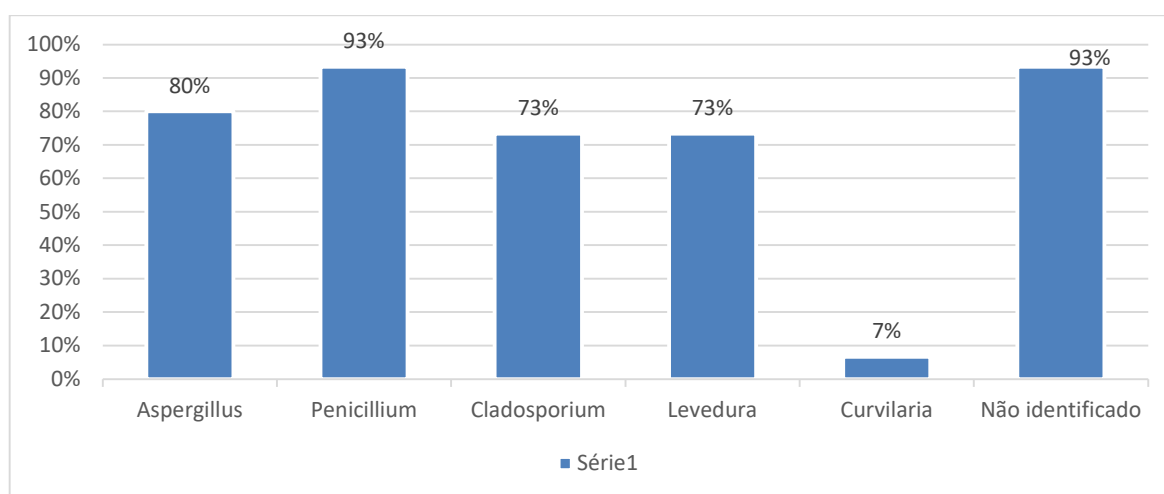
Figura 7: Gênero Fúngico Identificado por ambiente (%) – Escritório 01



Fonte: Autor (2022)

Quatro gêneros fúngicos foram identificados no Escritório 02 (Figura 8). *Penicillium* apareceu em 93,33% das salas, caracterizando-se como o gênero de maior ocorrência, em seguida *Aspergillus* com ocorrência em 80% das salas, *Cladosporium* foi identificado em 11 salas (73,33%) e por fim *Curvularia* em apenas 1 sala (6,67%). Em 11 salas foram identificadas estruturas de leveduras e em 93,33% das salas houve a ocorrência de isolados que também não foi possível identificar.

Figura 8: Diversidade fúngica do Escritório 02

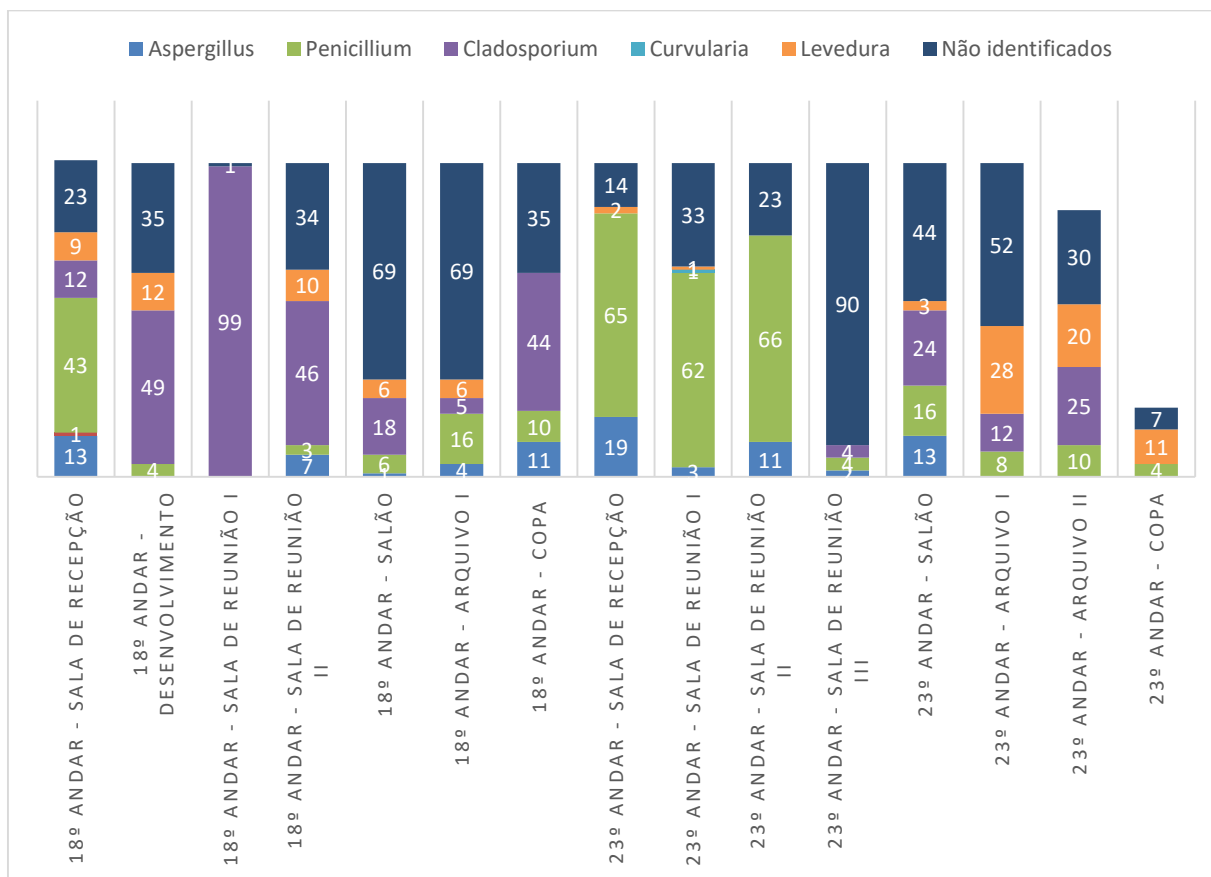


Fonte: Autor (2022)

Ao analisar a ocorrência de gênero fúngico por ambiente no Escritório 02 (Figura 9), percebe-se que no Desenvolvimento, Sala de reunião I, Sala de Reunião

II e Copa, todas do 18º andar, houve maior ocorrência de *Cladosporium*. A Copa do 23º andar apresentou maior ocorrência de *Aspergillus*. A Sala de Recepção do 18º Andar, Sala de Recepção, Sala de Reunião I e Sala de Reunião II, todas do 23º apresentaram maior ocorrência de colônias de *Penicillium*, A maioria das colônias isoladas não foi possível identificar.

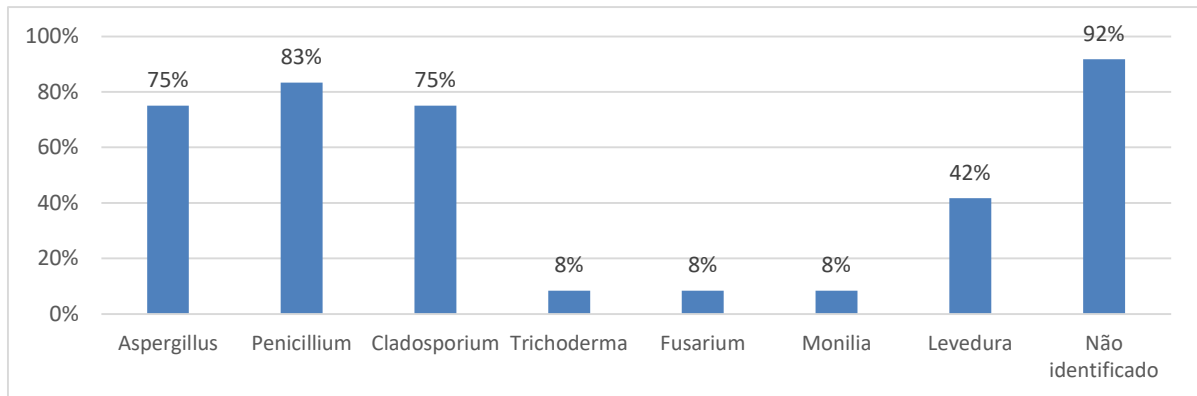
Figura 9: Gênero Fúngico Identificado por ambiente (%) – Escritório 02



Fonte: Autor (2022)

No Escritório 03, o gênero fúngico de maior ocorrência foi o *Penicillium*, estando presente em 83% das amostras, seguido por *Aspergillus* e *Cladosporium*, ambos com 75% de ocorrência, ou seja, 9 salas, *Trichoderma*, *Fusarium* e *Monilia* apareceram em 8% das amostras. Em 42% das salas apareceram estruturas leveduriformes e em 92% das salas, houve a ocorrência de isolados que não foi possível realizar a identificação, conforme consta na Figura 10.

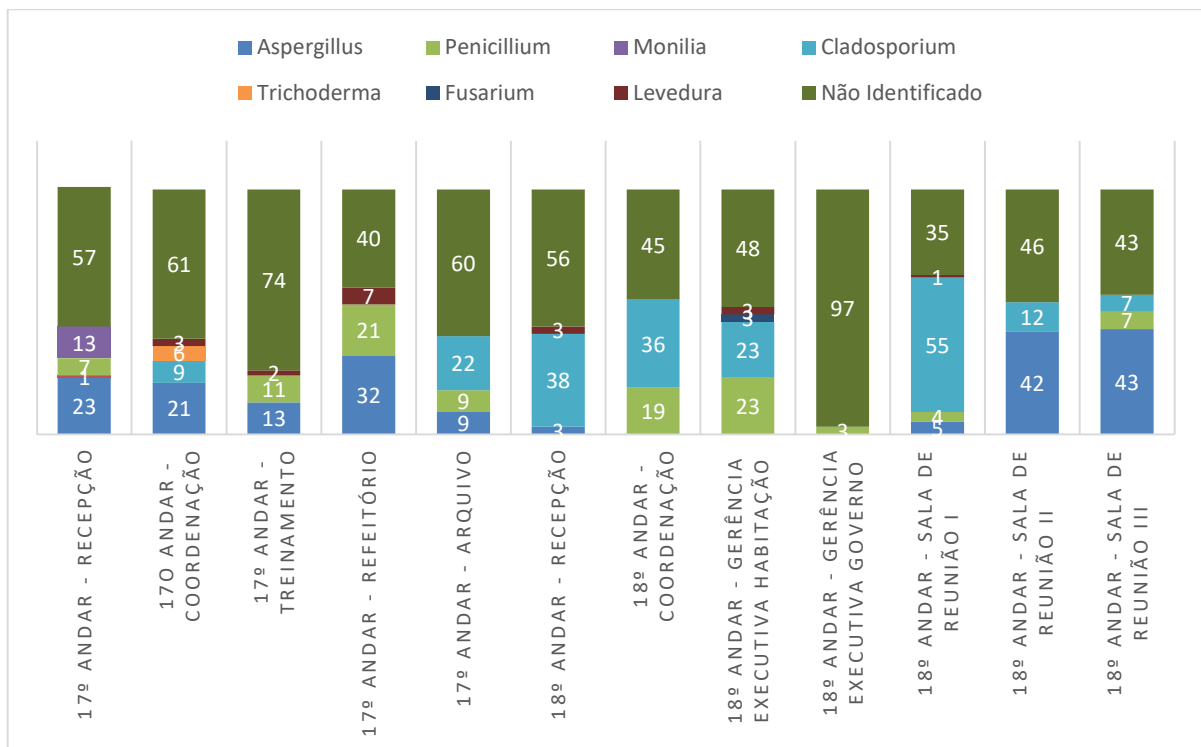
Figura 10: Diversidade fúngica do Escritório 03



Fonte: Autor (2022)

A partir da Figura 11, pode-se realizar uma análise mais detalhada sobre a ocorrência dos fungos anemófilos no Escritório 03. Em praticamente todos os ambientes, a maioria dos isolados não foi possível realizar a identificação, com exceção da Sala de Reunião I do 18º, que apresentou maior ocorrência de *Cladosporium*. Nos demais ambientes, destaca-se maior frequência de colônias de *Aspergillus* e *Penicillium*.

Figura 11: Gênero Fúngico Identificado por ambiente (%) – Escritório 03



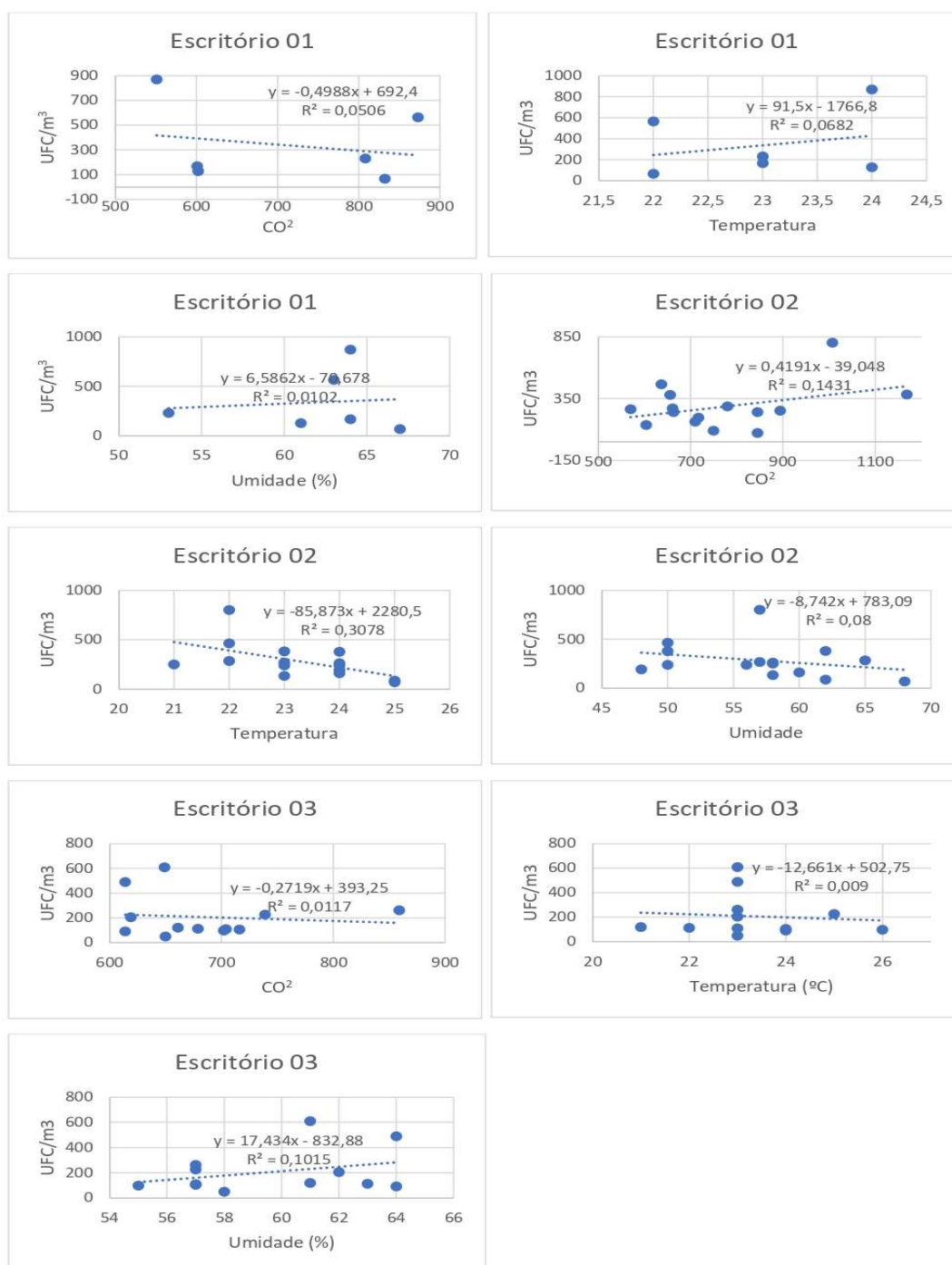
Fonte: Autor (2022)

3.4 ASSOCIAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS OBSERVADOS

A relação linear entre duas variáveis foi realizada utilizando o método estatístico bivariado, onde a correlação foi avaliada pelo coeficiente de correlação de Pearson. Correlações fracas, positivas e negativas foram observadas entre temperatura, CO₂ e umidade em relação à população fúngica (UFC/m³) de cada escritório, como pode ser observado na Figura 12.

A partir da Figura 12, percebe-se que no Escritório 01 houve uma correlação fraca negativa entre CO₂ e UFC/m³. Em contrapartida, houve uma correlação fraca positiva entre temperatura e UFC/m³ e Umidade e UFC/m³. No Escritório 02 houve correlação fraca e positiva entre CO₂ e UFC/m³, já para os dados referente à temperatura e umidade a correlação com a UFC/m³ foi fraca e negativa. Os dados referentes ao CO₂ e temperatura, do Escritório 03, apresentaram correlação fraca e negativa com UFC/m³.

Figura 12: Correlação entre as variáveis analisadas com UFC/m³



Fonte: Autor (2022)

3.5 DISCUSSÃO

A manutenção da qualidade de ar interno em ambientes climatizados é um fator determinante na garantia da saúde e bem-estar de seus ocupantes. Temperatura, umidade relativa do ar, teor de dióxido de carbono (CO₂), valores de

contaminação microbiológica (UFC/m³) devem ser monitorados constantemente para que o ambiente não proporcione risco à saúde de seus ocupantes.

Estudo publicado por Azuma *et al.* (2018), sugere que exposições a concentrações de CO₂ acima de 1000 ppm, mesmo que em curto prazo, podem afetar o desempenho cognitivo, como tomada de decisões e resolução de problemas. Sendo assim as Salas de Reunião I e II do 23º andar do Escritório 02, merecem destaque por apresentarem concentrações de 1168 e 1007 ppm, respectivamente.

A umidade relativa do ar interno pode estar associada a irritações nos olhos, nas vias aéreas superiores, fadiga, baixo desempenho no trabalho e qualidade do sono, como constatou Arundel *et al.* (2018). A legislação brasileira estabelece que a umidade do ar interno no verão deve variar entre 40% a 65%, sendo assim, a coordenação do 20º andar, do Escritório 02, a Sala de Recepção e Arquivo II, ambos do 23º andar do Escritório 03, merecem atenção por terem apresentados valores acima do recomendado pela resolução. Como observado na Figura 12, pode-se perceber correlação positiva entre umidade x UFC/m³. Li *et al.* (2020), em um estudo realizado com comunidades fúngicas de uma tumba de 1600 anos, perceberam que a umidade foi o fator de maior relevância na formação fúngica.

Os dados das Tabelas 08, 09 e 10, demonstram os valores referentes à contaminação microbiológica de fungos aerotransportados dos escritórios analisados, onde se percebe que o Escritório 02 apresenta maior número de locais contaminados em comparação aos demais. Dos 15 locais coletados, apenas 3 apresentam população fúngica dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação. A Sala de Reunião II, no 23º andar, a razão I/E é de 7,5, índice acima do limite tolerável de 1,5. Alguns fatores podem estar associados a índices elevados de micro-organismos dispersos, como o comportamento humano, a idade do edifício além de equipamentos existentes no local (HORVER *et al.*, 2020). Felgueiras *et al.* (2022), identificaram maior associação da presença de tapetes com concentrações elevadas de fungos anemófilos.

Entre as espécies de fungos identificadas nesse estudo, os gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Cladosporium* caracterizam-se como os de maior ocorrência o que apresenta similaridade com um estudo realizado por Rejc *et al.* (2019), em 15 edifícios de escritórios com ventilação mecânica, que os mesmos

gêneros foram os de maior ocorrência. Kumari *et al.* (2016), realizaram um estudo sobre a comunidade de fungos anemófilos no verão e inverno em granjas de suínos no sul coreano, e perceberam diferença na composição da comunidade fúngica entre as estações. No verão os gêneros fúngicos mais abundantes foram *Aspergillus*, *Clavaria*, *Fusarium*, enquanto que no inverno os fungos de maior ocorrência foram *Clavaria*, *Fusarium* e *Rhodotorula*.

O material de construção utilizado nos edifícios pode estar associado à ocorrência de contaminação fúngica e bacteriana do local. Verdier *et al.* (2014), identificaram em seu estudo os gêneros *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* e *Stachybotrys*, além de bactérias Gram Negativas na superfície de materiais de construção, como placa de gesso, argamassa e concreto, o que endossa os dados encontrados nesse estudo. Na superfície dos móveis onde foi realizada a coleta de material constatou o crescimento de colônias mistas de cocos e bacilos, tanto Gram positivos quanto negativos. Outra fonte que demonstra os poluentes biológicos são os filtros HEPA, Guo *et al.* (2020), perceberam em seu estudo a ocorrência em proporções maiores de bactérias nos filtros HEPA em comparação a poeira do piso. Yang *et al.* (2020), identificaram haver relação entre partículas derivadas de bactérias dispersas do ar com doenças pulmonares.

Além do material de construção, outros fatores podem estar associados a contaminação fúngica do ar interno. Leppänen *et al.* (2017), realizaram um estudo que identificou uma correlação entre a poeira doméstica e a exposição microbiana no ar interno de casa rurais e urbanas finlandesas. Nesse estudo gêneros como *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, foram identificados, assim como o estudo presente. A utilização de técnicas de limpeza adequadas se faz necessário para evitar o acúmulo de poeira e consequentemente diminuir com essa fonte de poluentes do ar.

Horve *et al.* (2019), relataram em seu estudo os impactos negativos que o tipo do edifício pode causar à qualidade do ar, além do horário de ocupação e a atividade interna que é desempenhada. Ambientes com alta densidade e rotatividade de indivíduos podem apresentar altas concentrações de patógenos humanos no ar. Uma solução proposta pelos autores para redução de problemas de saúde oriundos da má qualidade de ar interno seria a existência de escritórios de ocupação única, o que vai de encontro com os escritórios analisados. Nelas foram

identificadas salas amplas com mesas compartilhadas e sem divisórias, além de alta concentração de funcionários.

CONCLUSÃO

As correlações entre os fatores CO₂, temperatura e umidade em relação as populações fúngicas dos locais nas condições analisadas são fracas, positivas e negativas. No entanto, destaca-se a importância de manter esses parâmetros dentro do estipulado na legislação a fim de controlar a população fúngica do ar interno e para o conforto dos ocupantes

Fungos anemófilos de potencial patogênicos são identificados nos ambientes analisados, a exemplo: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Trichoderma*, *Fusarium*, dentre outros. A resolução 09 da Anvisa de 2003 estabelece que não é aceitável a população superior a 750 UFC/m³., logo, a utilização de produtos e técnicas adequadas de sanitização do ambiente e dos aparelhos de ar-condicionado são necessários para o controle de fungos que podem apresentar risco à saúde dos ocupantes. Portanto, 10 salas estão dentro dos padrões estabelecidos por lei para uso e 23 estão impróprias, nos escritórios 1, 2, 3, respectivamente.

A legislação nacional não estipula parâmetros para a presença de bactérias em ambiente interno. Porém, de acordo com o parâmetro simulado adotado, 33 amostras de água dos reservatórios dos ar-condicionado são consideradas de risco pela contaminação por bactérias, sendo necessário medidas de correções para mitigar o aparecimento desses micro-organismos.

Por fim, a análise e monitoramento constante da qualidade microbiológica do ar em ambientes climatizados se faz necessário visto a importância deste para a saúde de seus ocupantes, além de impactar no desempenho e bem-estar.

REFERÊNCIAS

AZUMA, Kenichi et al. Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. **Environment international**, v. 121, p. 51-56, 2018.

BAKKER, Alexa et al. Bacterial and fungal ecology on air conditioning cooling coils is influenced by climate and building factors. **Indoor air**, v. 30, n. 2, p. 326-334, 2020.

Brasília, Ministério da Saúde, Programa Nacional de Doenças Sexualmente Transmissíveis e AIDS. Técnica de Coloração de Gram. 1997. 63 p.: il. (Série TELELAB)

CARRER, Paolo; WOLKOFF, Peder. Assessment of indoor air quality problems in office-like environments: Role of occupational health services. **International journal of environmental research and public health**, v. 15, n. 4, p. 741, 2018.

DO NASCIMENTO, José Soares et al. Assessment of the abundance and diversity of airborne fungi in two different air conditioning systems in Paraíba, Brazil.

EGUILUZ-GRACIA, Ibon et al. The need for clean air: the way air pollution and climate change affect allergic rhinitis and asthma. **Allergy**, v. 75, n. 9, p. 2170-2184, 2020.

FAHAD ALOMIRAH, Haya; MODA, Haruna Musa. Assessment of indoor air quality and users perception of a renovated office building in manchester. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 6, p. 1972, 2020.

FELGUEIRAS, Fátima et al. Airborne bacterial and fungal concentrations and fungal diversity in bedrooms of infant twins under 1 year of age living in Porto. **Environmental research**, v. 206, p. 112568, 2022.

FU, Xi et al. Association between indoor microbiome exposure and sick building syndrome (SBS) in junior high schools of Johor Bahru, Malaysia. **Science of the Total Environment**, v. 753, p. 141904, 2021.

GAWANDE, Sonal et al. Indoor air quality and sick building syndrome: Are green buildings better than conventional buildings?. **Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 24, n. 1, p. 30, 2020.

GUO, Jianguo et al. Bacterial community analysis of floor dust and HEPA filters in air purifiers used in office rooms in ILAS, Beijing. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2020.

HORVE, Patrick F. et al. Building upon current knowledge and techniques of indoor microbiology to construct the next era of theory into microorganisms, health, and the built environment. **Journal of exposure science & environmental epidemiology**, v. 30, n. 2, p. 219-235, 2020.

KUMARI, Priyanka et al. Variations in abundance, diversity and community composition of airborne fungi in swine houses across seasons. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2016.

LEPPÄNEN, Hanna K. et al. Quantitative assessment of microbes from samples of indoor air and dust. **Journal of exposure science & environmental epidemiology**, v. 28, n. 3, p. 231-241, 2018.

LI, Yonghui et al. Humidity governs the wall-inhabiting fungal community composition in a 1600-year tomb of Emperor Yang. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2020.

LIU, Wei et al. Associations between household airborne culturable fungi and allergies and airway illnesses in childhood in Shanghai, China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 29, p. 36570-36578, 2020.

NIU, Mutong et al. Indoor air filtration could lead to increased airborne endotoxin levels. **Environment International**, v. 142, p. 105878, 2020.

POOLE, Jill A. et al. Impact of weather and climate change with indoor and outdoor air quality in asthma: A Work Group Report of the AAAAI Environmental Exposure and Respiratory Health Committee. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 143, n. 5, p. 1702-1710, 2019.

REJC, Tanja et al. Microbiological and chemical quality of indoor air in kindergartens in Slovenia. **International Journal of Environmental Health Research**, v. 30, n. 1, p. 49-62, 2020.

VERDIER, Thomas et al. A review of indoor microbial growth across building materials and sampling and analysis methods. **Building and environment**, v. 80, p. 136-149, 2014.

WHEELER, Nicola; WATTS, Nick. Climate change: from science to practice. **Current environmental health reports**, v. 5, n. 1, p. 170-178, 2018.

YANG, Jinho et al. The impact of bacteria-derived ultrafine dust particles on pulmonary diseases. **Experimental & molecular medicine**, v. 52, n. 3, p. 338-347, 2020.

CONCLUSÃO

Ao analisar as Unidades Hospitalares percebe-se que grande quantidade de fungos anemófilos foram identificados nas amostras. *Penicillium* foi o gênero mais presente nas amostras, seguido de *Cladosporium*, *Aspergillus* e *Memnoniella*, porém grande quantidade de espécies não foram identificadas. Além de fungos anemófilos, parâmetros de Temperatura, Umidade e CO₂, também foram analisados, onde foi possível constatar que a maioria das salas estão de acordo com a legislação.

Nos Escritórios, também foi analisado a ocorrência de fungos aerotransportados. Assim como nos Hospitais, foram identificados *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, como os gêneros mais recorrentes.

De acordo com os achados desse estudo, sugere-se que a manutenção da qualidade de ar interno de hospital e escritórios é um fator que impacta diretamente na saúde de pacientes, trabalhadores e demais ocupantes desses locais. A utilização de técnicas e produtos adequados além da redução de fontes de poluentes do ar como, infiltrações, bandejas e reservatórios de condensadores e vasos de plantas, devem ser adotadas a fim de proporcionar boa qualidade de ar interno. Outros parâmetros que devem ser monitorados constantemente são a umidade, temperatura e CO₂, pois, além de interferir na sensação de bem-estar, desempenham um papel importante na reprodução de microrganismos.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros é aconselhável acompanhamento da qualidade do ar em ambientes climatizados em diferentes estações do ano, aplicação de questionários sobre a percepção dos ocupantes quanto a qualidade do ar interno, como também o impacto na economia que ambientes com ar interno impróprio podem ocasionar.