

X-004 - QUALIDADE DO AR INTERIOR NOS AUDITÓRIOS DA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA

Regina Celia Rebouças Dalston⁽¹⁾

Doutora em Química - Instituto Militar de Engenharia (IME). Prof.^a Adjunta e Pesquisadora da Universidade Católica de Brasília (UCB).

Lyzza Dawellyng Lima Pereira⁽²⁾

Estudante do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Católica de Brasília (UCB).

Gustavo Pereira de Menezes⁽³⁾

Estudante do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Católica de Brasília (UCB).

Jaidson Fernandes da Silva⁽⁴⁾

Químico. Técnico Especializado da Universidade Católica de Brasília (UCB).

Endereço⁽¹⁾: SQS 103 Bloco B 607 - Asa Sul - Brasília - DF - CEP: 70342-020 - Brasil - Tel.: +55 (61) 99295-5564 - e-mail: rdalston@gmail.com

RESUMO

Realizou-se um estudo da qualidade microbiológica fúngica do ar interior nos três auditórios artificialmente climatizados mais antigos da Universidade Católica de Brasília, UCB. Foram realizadas amostragens representativas utilizando-se o método de amostragem do ar por impactação em meio sólido, com uma bomba de um estágio. Em seguida, as amostras coletadas foram incubadas e analisadas quantitativamente, de modo a obter-se o número de unidades formadoras de colônia por metro cúbico, UFC/m³. Posteriormente, isolaram-se as colônias fúngicas e procedeu-se a pesquisa qualitativa com o intuito de inferir a conformidade dos ambientes investigados frente à legislação vigente. Como resultado do estudo realizado, foi constatado que, apesar de não terem sido identificados fungos patogênicos estritos, os auditórios da UCB apresentam diversos meios de proliferação, o que se comprova tanto pela percepção sensorial no momento em que o indivíduo se encontra nesses ambientes quanto pela análise microbiológica do ar amostrado, onde a relação de normalidade aponta a alta concentração de fungos no ambiente interior. Após a análise dos resultados, foram elaboradas fundamentações técnico-científicas de modo a propor reavaliação do programa de manutenção de ar condicionados existente na UCB, proporcionando melhor qualidade e conforto para a comunidade acadêmica.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade do Ar Interior, Colônias Fúngicas, Amostragem de Ar.

INTRODUÇÃO

Na metade do século XX o engenheiro Henry Galson desenvolveu novos sistemas condicionadores de ar de janela de baixo custo, tornando a tecnologia acessível para o setor residencial, nesse mesmo ano foram vendidos cerca de 43.000 aparelhos. No fim da década de sessenta, a maior parte das residências dos Estados Unidos possuíam um sistema de condicionamento de ar, e seu acesso continuou aumentando exponencialmente pelo planeta.

Devido ao avanço da urbanização no século passado e a consequente facilidade ao acesso a sistemas de condicionamento de ar, o homem passou a se interessar cada vez mais pela qualidade do ar artificial em ambientes fechados, ou seja, por um tratamento visando o controle simultâneo da temperatura, umidade, pureza e distribuição do ar. Por outro lado, o avanço tecnológico desenfreado, trouxe consigo um problema invisível e que permaneceu por muito tempo despercebido.

Os dutos e filtros dos sistemas de condicionamento de ar, bem como outras peças dos aparelhos, estavam atuando como vetores de doenças, lançando os bioaerossóis (hifas e esporos fúngicos) nos ambientes refrigerados artificialmente. Com a falta de controle periódico minucioso de fatores bióticos e abióticos nos ambientes climatizados artificialmente, a saúde e bem-estar do homem passa a ser afetada. Isto deve ao fato dos patógenos presentes acabarem tornando-se parte integrante do sistema acrescido e às variáveis físico-químicas do ar não conformes, gerando nos usuários dos ambientes contaminados sintomas diversos, tais como: irritações e alergias, a princípio sem causas aparentemente definidas. O referido quadro patológico é

hoje denominado de Síndrome dos Edifícios Doentes (SED), que consiste no surgimento de sintomas alérgicos, muito comuns à população em geral, mas pode ser relacionado a uma edificação em particular numa situação temporal.

A SED é caracterizada quando mais de 20% dos usuários das edificações apresentam sintomas característicos de alergias respiratórias, como irritação e obstrução nasal, irritação e secura ocular, irritação e secura na garganta, cefaleia, manifestações dermatológicas como desidratação e irritação da pele, dores articulares, letargia, fadiga, sonolência, dificuldade de concentração ou sensibilidade a odores. Tais sintomas são inerentes ao edifício, uma vez que ao diminuir o contato do ocupante com o mesmo os sintomas também diminuem.

O monitoramento microbiológico da qualidade interna do ar nos recintos climatizados artificialmente é fundamental. No entanto, apesar de haver legislação específica, de modo geral, a maior parte das empresas do DF não tem dado a devida importância, uma vez que não há um sistema de cobrança de penalidades ou até mesmo um cronograma de fiscalização eficaz. No intuito inicial de instruir aos estudantes no que tange ao monitoramento de ar interior, bem como no auxílio da própria elaboração e implantação de um procedimento de rotina para a avaliação qualidade do ar interior, decidiu-se realizar um estudo mais aprofundado, quantitativo e qualitativo de alguns dos ambientes mais frequentados pela comunidade acadêmica da Universidade Católica de Brasília, UCB.

A pesquisa realizada teve por objetivo monitorar a qualidade fúngica ar em três auditórios artificialmente climatizados do Campus I da UCB, a fim de que viabilizasse a detecção de quaisquer inconformidades frente à legislação vigente. Visando atingir esta meta, o trabalho foi dividido nos objetivos específicos a seguir: a) indicar possíveis proliferações de colônias fúngicas nos ambientes climatizados mais prováveis de contaminação; b) correlacionar os dados obtidos com as condições verificadas em um ambiente exterior, sem condicionamento artificial do ar; c) analisar, conforme a legislação, as influências que a possível má qualidade do ar interior venha a acarretar à comunidade acadêmica, bem como obter dados representativos para avaliar a eficiência do sistema de manutenção dos aparelhos climatizadores. Assim como a identificação de possíveis falhas de manutenção do sistema e limpeza do ambiente que venham a viabilizar a formação de colônias fúngicas e, por conseguinte, difundir algum desconforto e danos à saúde.

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se o método de amostragem do ar por impactação em meio sólido, viabilizado pelo uso da bomba QuickTake 30[®] de um estágio, conforme observado na Figura 1. O método consiste no impacto de uma corrente de ar de alta velocidade no meio de cultura sólido onde ocorre a inoculação dos esporos.

Higienizou-se, com auxílio de um algodão e álcool 70%, as partes superior e inferior do Pêndulo BioStage[®] (porta amostra metálico) da Bomba de amostragem QuickTake 30[®], essa etapa foi realizada a cada nova coleta. Para coleta do ar externo ao auditório acoplou-se uma Placa de Petri com Ágar Sabouraud Dextrose ao Pêndulo BioStage[®] e posicionou-se a Bomba de amostragem em um ambiente aberto fora da estrutura predial.

O tempo de realização da amostragem por impactação foi ajustado em cinco minutos para a coleta de todas as amostras. Ao final do tempo estabelecido para amostragem, a parte superior do Pêndulo BioStage[®] foi removida, selando-se imediatamente a placa de Petri contida em seu interior para evitar contaminações.



Figura 1: Bomba de amostragem QuickTake 30[®]

Os pontos de amostragem foram definidos através de uma análise preliminar dos auditórios a serem estudados, onde foi levada em consideração a área do auditório e o número de saídas do sistema de condicionamento do ar visando à representação dos ambientes de maneira heterogênea.

Ao fim da amostragem, as amostras internas e externas (brancos) e as informações pertinentes foram encaminhadas para o laboratório de microbiologia da UCB. Realizou-se todo o procedimento metodológico para os auditórios dos Blocos Central, G e K da Universidade.

As amostras obtidas foram incubadas na estufa e o crescimento dos fungos foi acompanhado diariamente. Depois do crescimento total da microbiota fúngica, realizou-se a contagem de unidades formadoras de colônia (UFC). Em seguida, foram calculados os valores de UFC/m³ obtidos para o interior e exterior dos auditórios. Com os valores de UFC/m³ obtidos para o interior (I) e exterior (E) dos auditórios realizou-se o cálculo da relação de normalidade (I/E).

Medidas de turbidez, cor aparente, cor verdadeira, pH, alcalinidade total, dureza total, condutância específica, temperatura, foram feitas para caracterizar as águas em estudo.

Selecionaram-se os fungos para cultivo isolado, após a realização dos cálculos. O procedimento utilizado consistiu na transferência de um micélio do fungo selecionado para um meio de cultura puro e propício para o seu desenvolvimento, esse micélio multiplicou-se originando um conjunto de novos esporos e hifas idênticos e visíveis macroscopicamente, denominado colônia.

A identificação foi realizada através de microscopia óptica após 14 dias de incubação do microcultivo. Os fungos foram identificados por meio da análise dos esporos, hifas e estruturas de frutificação, com aumento de 400 vezes.

RESULTADOS OBTIDOS

A partir da contagem inicial das UFC nas placas dos auditórios, realizaram-se os cálculos a fim de se obter o número de UFC/m³. Para tal, utilizou-se o fator de conversão (F_c) obtido através da calibração do aparelho, na vazão de 30 L/min, como demonstrado na equação 1:

$$F_c = (Q) \times 0,001 \times T \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

Q: Vazão da Bomba de Impactação em L/min ;
0,001: Fator de Conversão de dm³ para m³;
T: Tempo de Amostragem da Bomba em minutos.

Com o tempo de amostragem de cinco minutos e vazão da bomba de 30 L/min temos:

$$F_c = 30 \text{ L/min} \times 0,001 \times 5 \text{ min} = 0,15 \text{ m}^3$$

Obtido o fator de conversão calculou-se o número de UFC/m³ através da seguinte equação 2:

$$(\text{UFC})/\text{m}^3 = (\text{UFC})/F_c \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

UFC: Número de Unidades Formadoras de Colônias

F_c: Fator de Conversão em m³.

De acordo com o estabelecido pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), os valores padrões referenciais de contaminação microbiológica não devem

ultrapassar 750 UFC/m³ de fungos, assim como a relação de normalidade (I/E) entre os fungos no ambiente interior (I) e os fungos no ambiente exterior (E) não deve ultrapassar o valor de 1,5.

Os resultados obtidos os auditórios investigados da UCB estão apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Relação de normalidade (I/E) entre a quantidade de fungos no ar interior (I) e a quantidade de fungos no ar exterior (E) aos auditórios da UCB

	Bloco G	Bloco K	Bloco Central
Ar interior (UFC/m ³)	313,33	562,22	141,33
Ar exterior (UFC/m ³)	346,67	320	80
Relação I/E	0,9	1,76	1,77

Observou-se que os gêneros *Aspergillus spp.* e *Penicillium spp.* se apresentam com 100% de ocorrência nos auditórios amostrados. Enquanto que os demais gêneros ocorrem em porcentagens inferiores, conforme mostrado na Figura 2.

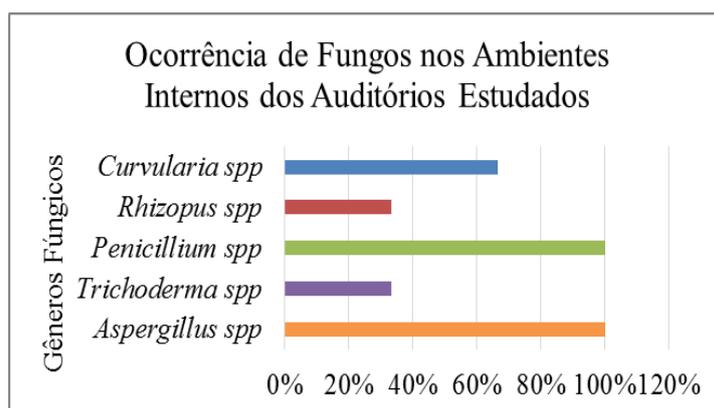


Figura 2: Ocorrência em porcentagem dos gêneros fúngicos nos auditórios da UCB

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Observou-se que em nenhum dos três auditórios, definidos como o espaço de amostragem desse estudo, ultrapassou o valor máximo recomendável de 750 UFC/m³ de fungos, estando, neste quesito, em conformidade com a legislação vigente. Contudo, a relação de normalidade, representada pelo meio ambiente exterior e a tendência epidemiológica de amplificação dos poluentes nos ambientes fechados, apontam que os auditórios dos blocos K e Central encontram-se em inconformidade frente ao valor máximo permitido ($I/E \leq 1,5$).

Ao final das análises não foi detectada a presença de nenhum gênero patógeno estrito. Contudo, através da verificação das Tabelas 9 e 10, é possível inferir que os gêneros *Rhizopus spp.* e *Trichoderma spp.*, presentes no ambiente interno dos auditórios, se fazem ausentes no ambiente externo, indicando uma possível fonte de contaminação interna. A fonte de contaminação pode ser proveniente da manutenção deficiente dos sistemas de condicionamento do ar ou da higienização precária dos auditórios.

Apesar da legislação abordar Valores Máximos Recomendados (VMR) para a concentração de fungos no ar interior (ANVISA, 2003), e torne intolerável a presença de qualquer fungo patógeno estrito, vale ressaltar que todo fungo apresenta um potencial patogênico, podendo determinada espécie tornar-se toxicogênica em função

das condições ambientais – temperatura e concentração de dióxido de Carbono (CO₂) – no período de seu crescimento. Tal capacidade denomina-se dimorfismo.

O gênero *Aspergillus*, com 100% de ocorrência nos ambientes internos e externos dos auditórios da UCB, pertencem ao filo Ascomiceto, com esporos assexuais do tipo conídio e crescimento dimórfico, é um exemplo de patógeno oportunista – tal como o *Rhizopus* –, sendo este inofensivo em seu habitat natural, contudo, uma exposição a números massivos de esporos pode desencadear patologias graves e até mesmo fatais. A Aspergilose é uma importante doença oportunista transmitida pelos esporos do *Aspergillus fumigatus* e outras espécies de *Aspergillus*.

Os valores superiores ao estabelecido em legislação para a relação de normalidade nos auditórios dos blocos K e Central indicam um desequilíbrio na microbiota fúngica destes ambientes, apontando para uma possível fonte de contaminação. Tendo em vista essa inconformidade, faz-se necessário a avaliação e o diagnóstico das possíveis fontes contaminantes nesses ambientes e sua consequente intervenção corretiva frente ao iminente potencial de ocorrência de patologias provocadas por fungos oportunistas.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em virtude do estudo realizado acerca do monitoramento da qualidade do ar interior, percebe-se que os auditórios da UCB, apesar de não ter sido identificado nenhum fungo patógeno estrito, apresentam diversos meios de proliferação, o que se comprova tanto pela percepção sensorial no momento em que o indivíduo se encontra nesses ambientes quanto pela análise microbiológica do ar amostrado, onde a relação de normalidade aponta a alta concentração de fungos no ambiente interior. Em face dessa circunstância, conclui-se que dentre os auditórios analisados, dois, blocos K e Central, estão em inconformidade com o critério de normalidade (I/E) estabelecidos pela RE nº 9, ANVISA.

Tal inconformidade indica risco à saúde da comunidade acadêmica e demais indivíduos que utilizam esses ambientes, podendo estes sofrer com sintomas da Síndrome dos Edifícios Doentes, cujas manifestações mais comuns, em relação à patogenicidade dos fungos, são os processos alérgicos. O risco em questão decorre da alta densidade de fungos no ar interior, que pode ser atribuída a diversos fatores – como a baixa renovação do ar interior, a manutenção precária dos sistemas de condicionamento do ar ou a limpeza ineficiente ou inócua dos auditórios.

A fim de evitar o quadro descrito, é necessário que a Universidade aplique medidas corretivas, principalmente quanto à manutenção do sistema de condicionamento de ar e higienização do interior dos auditórios, a fim de que se elimine aerodispersóides e bioaerossóis. Por fim, a reavaliação e proceda a revisão do programa de monitoramento periódico da qualidade do ar interior prevenir quaisquer doenças provenientes de contaminação microbiológica por fungos, assim como o cumprimento da legislação assegurado pela implantação das medidas preventivas.

Sendo assim, ao avaliar a qualidade do ar interior, observando os critérios quali- e quantitativos da microbiota fúngica, relacionando os dados obtidos com o ambiente exterior e indicando uma possível ineficiência na manutenção dos sistemas, o presente estudo alcançou os objetivos estabelecidos, abrindo caminho para a discussão a respeito dos problemas que a má qualidade do ar interior pode acarretar na comunidade acadêmica da UCB.

Ademais, ressalta-se a importância da continuidade dos estudos a respeito da microbiota fúngica e da qualidade do ar interior nos ambientes da Universidade Católica de Brasília.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RE nº 176, de 24 de outubro de 2000.
2. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RE nº 09, de 16 de janeiro de 2003.
3. BROOKS, Geo F.; BUTEL, Janet S.; MORSE, Stephen A. Microbiologia médica. 22. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

4. CAVALCANTI, A. M. Análise da qualidade do ar interno sob a abordagem da manutenção preditiva e da inovação. *Exacta*, v. 13, n. 1, p. 45–54, 2015.
5. GRANDE, M. STEFANI; GUIMARÃES, L. BUARQUE DE MACEDO. Síndrome do edifício doente: o caso do edifício da justiça federal de primeira instância de Porto Alegre / RS – Fórum Américo Godoy Ilha. XII Congresso Brasileiro de Ergonomia, 2004.
6. LESTER, Paul. **History of Air Conditioning**. 2015. Disponível em: <<http://energy.gov/articles/history-air-conditioning>>. Acesso em: 14 mai. 2017.
7. NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. NR-9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. 2009.
8. TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE Christine L. Microbiologia. 8. Ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2008.
9. TEIXEIRA, Dimas Barbosa. Et al. **Síndrome dos edifícios doentes em recintos com ventilação e climatização artificiais: revisão de literatura**, 2005. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/producao intelectual/obras_intelectuais/224_obraIntelectual.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2017.
10. VERMELHO, A. B. Práticas de microbiologia. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2006.