

INVESTIGAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS FÚNGICOS NA QUALIDADE DO AR DE ESPAÇOS INTERNOS DE UMA BIBLIOTECA PÚBLICA

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FUNGAL VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS ON THE AIR QUALITY OF A PUBLIC LIBRARY

Lydia Dayanne Maia Pantoja

Bióloga pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Mestre em Microbiologia Médica pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC – Fortaleza (CE), Brasil.

Ronaldo Ferreira do Nascimento

Doutor em Química Analítica pela Universidade de São Paulo (USP). Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC – Fortaleza (CE), Brasil.

Ana Barbara de Araújo Nunes

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Saneamento pela Universidade Federal do Paraíba (UFPB). Doutora em Recursos Hídricos, UFC. Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC – Fortaleza (CE), Brasil.

Endereço para correspondência:

Lydia Dayanne Maia Pantoja –
Avenida Mister Hull, s/n, Bloco 713 –
1º andar – Centro de Tecnologia
Campus do Pici – 60451-970 –
Fortaleza (CE), Brasil –
E-mail: lydia.pantoja@uece.br

RESUMO

O presente estudo objetivou investigar a qualidade do ar em termos de compostos orgânicos voláteis fúngicos (COVFs) visando melhorias no controle de espaços internos de uma biblioteca pública de referência no município de Fortaleza, Ceará. Trata-se de uma pesquisa experimental quali-quantitativa, cujas coletas do ar ocorreram entre setembro e dezembro de 2014. Validou-se um protocolo para detecção de COVFs por meio de cromatografia gasosa/espectrometria de massa, enquanto as amostras fúngicas foram identificadas por meio de análise macro e micromorfológica. Analisaram-se 32 amostras com relação aos COVFs, destaque para o 2-metil-1-propanol e o 3-metil-1-butanol, enquanto das 16 amostras micológicas, o espectro de fungos anemófilos predominante foi deuteromicetos filamentosos hialinos. Os dados apresentados são bons indicativos de que mais monitoramentos precisam ser realizados em outros ambientes ocupacionais, visando estabelecer uma melhoria no monitoramento vigente, instigando uma maior discussão no meio acadêmico e legislativo sobre o tema e, por fim, contribuir para o estudo sistematizado da Aerobiologia nacional.

Palavras-chave: poluição do ar; microbiologia do ar; exposição ocupacional.

ABSTRACT

This study investigates the air quality in terms of the presence of fungal volatile organic compounds (FVOCs) in a public library in the city of Fortaleza, Ceará State, Brazil. It is a quali-quantitative study, based on collection of air samples between September and December 2014. A protocol was validated for detection of FVOCs through CG/EM, while the fungal samples were identified by means of macro and micromorphological analysis. Thirty-two air samples were analyzed for the presence of FVOCs, and the main compounds detected were 2-methyl-1-propanol and 3-methyl-1-butanol, while from the 16 mycological samples, the predominant spectrum of airborne fungi was hyaline filamentous deuteromycetes. The data presented indicate that more careful monitoring needs to be conducted in libraries and other indoor spaces, along with more discussion among academics and lawmakers on the theme of air contamination by FVOCs, seeking to improve the air quality of these places.

Keywords: air pollution; air microbiology; occupational exposure.

INTRODUÇÃO

É fato que a maioria dos seres humanos depende cerca de 80% de seu tempo diário ocupando ambientes internos (STATHOLOUPOU *et al.*, 2008; PERERA *et al.*, 2012). Nos últimos anos, evidências científicas indicam que o ar doméstico e de ambientes laborais pode ser mais seriamente poluído do que o ar exterior na maioria das cidades industrializadas em todo o mundo (MORAIS *et al.*, 2010; SOUSA & FORTUNA, 2011; PANTOJA *et al.*, 2012; GUO *et al.*, 2013).

Similarmente ao que já vem se observando em âmbito internacional, a expectativa é de que, no Brasil, ocorra um aumento no controle da qualidade do ar de ambientes internos, bem como a adoção de medidas mais rigorosas específicas para fontes de diferentes naturezas e a inclusão de um programa de medida e controle desses contaminantes (CONAMA, 1990; BRASIL, 2003, 2007, 2011).

Entretanto, apesar da crescente preocupação mundial em relação à qualidade do ar em ambiente não industrial, no Brasil, são poucos os estudos realizados em torno do tema, estando os trabalhos concentrados nas Regiões Sul e Sudeste (TERESA; PONSONI; RADDI, 2001; QUADROS, 2008; SIQUEIRA *et al.*, 2011; RIO DE JANEIRO, 2012).

Com relação à legislação brasileira, as atuais metodologias para a análise microbiológica são escassas, estando mais bem documentados os protocolos e parâmetros para as análises físico-químicas (CONAMA, 1990; BRASIL, 2003, 2007, 2011). A falta de pesquisa na área microbiana se deve ao fato de os estudos em âmbito nacional serem relativamente recentes, à falta de incentivo à pesquisa na área, bem como à escassez de legislação específica que estabeleça padrões e metodologias de amostragem em ambientes internos não industriais, como escolas, residências, escritórios, bibliotecas, hospitais, centros comerciais, aeroportos, entre outros.

A orientação técnica sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente, de uso público e coletivo, recomenda o monitoramento e controle ambiental de fungos como marcador epidemiológico da contaminação microbiana (BRASIL, 2003), sendo esses denominados de fungos anemófilos (LACAZ *et al.*, 2002; MENEZES; ALCANFOR; CUNHA, 2006).

Diferentes investigações de campo sugerem que a distribuição fúngica, em termos de concentrações e composições genéricas, varia entre as áreas geográficas, sendo também influenciada por fatores ambientais sazonais, climáticos e outros (PEI-CHIN; HUEY-JEN; CHIA-YIN, 2000; HUANG *et al.*, 2002). Estudos também mostram que a exposição a fungos do ar parece estar associada à gênese de patologias, como quadros asmáticos, aspergilose, pneumonite por hipersensibilidade, sinusite, rinite e algumas reações cutâneas (LACAZ *et al.*, 2002; SCHIRMER *et al.*, 2011), que resultam na ausência de estudantes à escola e profissionais ao trabalho, ou na baixa produtividade em hospitais e ambientes ocupacionais (LI & KUO, 1992; SCHLEIBINGER *et al.*, 2008). Por exemplo, surtos de infecção hospitalar podem estar associados à contaminação de filtros de ar-condicionado por bioaerossóis (LI *et al.*, 2007).

Encontram-se disponíveis na literatura algumas técnicas que permitem a análise da qualidade do ar, tendo os fungos como bioindicadores, entretanto, não existe uma técnica amplamente aceita na comunidade científica (BRASIL, 2003; TAVORA *et al.*, 2003; LUKASZUK *et al.*, 2011; NAPOLI; MARCOTRIGIANO; MONTAGNA, 2012). Todavia, pesquisas indicam que os métodos atuais apresentam uma série de inconvenientes, como contagem demorada das unidades formadoras de colônias (UFC) e resultados que, muitas vezes, não se relacionam com a situação real do ambiente (TAVORA *et al.*, 2003; BASTOS, 2005).

Dentro desse contexto, a busca por métodos mais acurados de caracterização da composição fúngica no ar se faz necessária. Sabe-se que quando o fungo se desenvolve no interior da estrutura de um edifício ou em filtros de ventilação, há, claramente, uma quantidade razoável de "contaminação oculta", não podendo ser detectada apenas por intermédio de uma inspeção visual. Também é fato que os fungos, quando começam a se desenvolver, emitem na atmosfera compostos orgânicos voláteis de origem microbiana (COVMs), neste caso denominados de compostos orgânicos voláteis fúngicos (COVFs), que surgem pelas vias metabólicas ou a partir da degradação de materiais, devido à liberação de enzimas produzidas pelos fungos (WILKINS, 2002; MOULARAT *et al.*, 2008a, 2008b).

Ao contrário dos esporos fúngicos, os COVFs são dispersos no ambiente e não são retidos pelos substratos; conseqüentemente, detectando esses compostos é possível determinar uma contaminação precoce, visto que as técnicas disponíveis são rápidas e de alta sensibilidade (MOULARAT *et al.*, 2008b; MORATH; HUNG; BENNETT, 2012).

Igualmente, é fato que o conhecimento dos fungos anemófilos de um dado ambiente é importante para o diagnóstico ecológico e para o tratamento específico de manifestações alérgicas e de outras afecções causadas por esses micro-organismos.

Além disso, sabe-se que a microbiota fúngica varia de um local para outro e de uma época para outra, devido à diversidade dos fatores determinantes das características ambientais de cada região, o que torna necessária a realização de estudos sistemáticos nacionais para a verificação da dinâmica da microbiota fúngica.

Nesse ínterim, o presente estudo objetivou investigar a qualidade do ar em termos de COVFs visando melhorias no monitoramento e controle de espaços internos de uma biblioteca pública de referência no município de Fortaleza, Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa é quantitativa e qualitativa do tipo exploratória, estando sob a abordagem do método hipotético-dedutivo.

A escolha da biblioteca pública considerou as diversas características peculiares ao espaço laboral, como o elevado número de ocupantes que transitam permanentemente ou ocasionalmente em seus espaços e sua referência no atendimento de diferentes funções aos cidadãos do município de Fortaleza, Ceará (média de 30.000 usuários/mês).

Em seguida, foram selecionados quatro setores específicos dentro da biblioteca, visto que, conforme Hess-Kosa (2002), os locais de coleta devem ser indicados com antecedência e planejamento, devendo estar enquadrados em uma ou mais categorias:

1. local onde se percebe o pior caso de qualidade do ar interior (QAI);
2. áreas com maior representatividade em tamanho e ocupação;
3. locais de preocupação especial.

Os setores analisados foram: acervo geral, setor de estudos individuais, recepção principal e recepção de estudos.

Entre setembro e dezembro de 2014, as amostras de ar para análise dos COVFs foram coletadas durante 1 hora de exposição por aspiração do ar com o auxílio de uma bomba calibrada (Marca VIGO-AR, modelo Alpha III) de amostragem ativa (taxa de vazão 80 a

100 mL.min⁻¹) e uso de cartuchos (Marca 226-01 SK-C-ANASORB CSC) com 100 mg de carvão ativado da casca de coco verde (20/40 mesh) na camada analítica e 50 mg de carvão ativado na camada de controle ou branco separados por espuma de poliuretano, em duplicata/setor; após coleta, os cartuchos eram lacrados, refrigerados e encaminhados para o laboratório, quando eram realizadas as análises por meio de cromatografia gasosa/espectrometria de massa (GC/MS) (Marca SHIMADZU, modelo QP2010 *plus*).

Para a análise por GC/MS, usaram-se as condições: coluna DB-5 ms (apolar, comprimento 30 m, espessura 0,5 mm, diâmetro 0,25 mm), a rampa de temperatura foi de 35°C (7 min), 20°C min⁻¹ até 75°C, 10°C min⁻¹ até 125°C (2 min), gás de arraste hélio na vazão 0,9 mL.min⁻¹, uma interface de temperatura de 250°C (USEPA, 1999a, 1999b; DEMYTTENAERE *et al.*, 2004; QUADROS, 2008; ARAKI *et al.*, 2009; SCHUCHARDT & KRUSE, 2009). Visando ter um controle, foram realizadas provas em branco, obedecendo ao mesmo processo de eluição do experimento, sendo realizadas em cartuchos sem exposição aos poluentes (SOUSA, 2011).

Concomitantemente, as amostras de ar para análise dos fungos foram coletadas pelo uso de sistema passivo de monitoramento, pelo método da sedimentação passiva em placas de Petri de 150 mm de diâmetro, contendo o meio ágar Batata Dextrose (Himedia®) (BASTOS, 2005). As placas eram dispostas em cada um dos setores onde foram analisados os COVFs, expostas a mesma quantidade de tempo que a bomba de amostragem de ar e colocadas a uma altura de 1,5 m acima do solo — próxi-

mo da área de respiração humana (PEI-CHIN; HUEY-JEN; CHIA-YIN, 2000; PANTOJA *et al.*, 2012).

Para a identificação dos COVFs, visando garantir que o presente método analítico gerasse informações confiáveis e interpretáveis sobre as amostras de ar, o mesmo foi validado com relação a 10 padrões externos (7 álcoois e 3 cetonas) (USEPA, 1999a, 1999b). E para a identificação dos fungos, após a visualização de crescimento, realizou-se a contagem global e a identificação das colônias fúngicas com base nas análises macro e micromorfológicas (HOOG; GUARRO; GENÉ, 2000; LA-CAZ *et al.*, 2002; SIDRIM & ROCHA, 2004).

O estudo foi conduzido por análise estatística descritiva, com destaque para a média de UFC.m⁻³, que foi calculada de acordo com as seguintes definições e fórmula (BOGOMOLOVA & KIRTSIDELI, 2009):

$$N = 5a \times 10^4 (bt)^{-1}$$

Onde:

N = UFC.m⁻³ de ar por ambiente;

a = número de colônias por placa de Petri;

b = superfície da placa de Petri (em cm²);

t = tempo de exposição (em minutos).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise dos compostos orgânicos voláteis fúngicos

Como cada setor foi analisado em duplicata, foram coletadas 32 amostras; destas, 69% (22 amostras) resultaram positivas diante de um ou mais padrões externos monitorados, havendo a positividade para 4 álcoois, a saber: 2-metil-1-propanol (50%), 3-metil-1-butanol (27%), 2-pentanol (18%) e 1-pentanol (5%). Destes, o 2-metil-1-propanol despontou como o mais frequente e presente em todos os setores monitorados, seguido do 3-metil-1-butanol (Tabela 1).

A presença do 2-metil-1-propanol já foi descrita por Pastore *et al.* (1994), por meio do isolamento de uma linhagem da levedura *Geotrichum* sp. proveniente da fruta do mamão, enquanto, em relação a estudos que visam seu papel na qualidade do ar, existem autores, como Wessén e Schoeps (1996),

que descreveram seu uso como um detector de crescimento microbiano em ambientes não industriais. É possível também que esse composto seja indicador de um recente crescimento fúngico no ar (WILKINS; LARSEN; SIMKUS, 2000; WILKINS, 2002). Logo, existe uma fonte relativamente recente de contaminação do ar nos quatro setores monitorados, mas que não pode ser detectada pontualmente na presente pesquisa.

O 3-metil-1-butanol foi descrito também por Bramorski (1997), ao realizarem estudo da produção de metabolitos voláteis durante o cultivo da espécie *Rhizopus oryzae* em substratos como bagaço de mandioca, farinha de soja, bagaço de maçã e amaranto, como um dos compostos encontrados em maior concentração.

Tabela 1 - Distribuição dos compostos orgânicos voláteis fúngicos que foram monitorados em cada um dos setores da biblioteca, análise em ausência ou presença, dados referentes às coletas de setembro a dezembro de 2014.

Setor	COVFs									
	2m1p	2p	3m1b	2m1b	1p	2hx	2hp	3oc	13ol	3ol
Acervo geral	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Setor de estudos individuais	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Recepção principal	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Recepção de estudos	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-

COVFs: COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS FÚNGICOS; +: PRESENÇA; -: AUSÊNCIA; 2M1P: 2-METIL-1-PROPANOL; 2P: 2-PENTANOL; 3M1B: 3-METIL-1-BUTANOL; 2M1B: 2-METIL-1-BUTANOL; 1P: 1-PENTANOL; 2HX: 2-HEXANONA; 2HP: 2-HEPTANONA; 3OC: 3-OCTANONA; 13OL: 1-OCTEN-3-OL; 3OL: 3-OCTANOL.

Sua presença no ar é vinculada ao elevado número de espécies fúngicas (FIEDLER; SCHÜTZ; GEH, 2001).

Buscando uma relação entre os achados, foi aplicada uma análise estatística pelo método de correlação simples entre variáveis por meio do teste *t* de Student, com o objetivo de comparar o nível de significância e a

correlação entre os achados. Como resultado constatou-se nível significativo de 1% de probabilidade entre o 2-metil-1-propanol e o 3-metil-1-butanol (Tabela 2). Com os resultados apresentados na Tabela 2, pode-se constatar que, quando se identifica no ar o 2-metil-1-propanol, existe forte probabilidade de o 3-metil-1-butanol também estar presente.

Tabela 2 - Resultados de correlação por meio do teste *t* de Student e o real nível de significância entre os achados de compostos orgânicos voláteis fúngicos.

Correlação	Coefficiente de correlação (r)	Nível de significância
2m1p e 3m1b	0,6124	**
2m1p e 2p	0,4714	*
2m1p e 1p	0,2182	ns
3m1b e 2p	0,4698	*
3m1b e 1p	0,3563	ns
2p e 1p	0,4629	*

**SIGNIFICATIVO DE 1% DE PROBABILIDADE ($P < 0,01$); *SIGNIFICATIVO DE 5% DE PROBABILIDADE ($0,01 \leq P < 0,05$); NS: NÃO SIGNIFICATIVO ($P \geq 0,05$); 2M1P: 2-METIL-1-PROPANOL; 3M1B: 3-METIL-1-BUTANOL; 2P: 2-PENTANOL; 1P: 1-PENTANOL.

Análise dos fungos

Para a amostragem fúngica de cada setor foi coletada uma amostra mensal, totalizando 16 amostras micológicas analisadas; os resultados da análise quantitativa, realizada com base na fórmula descrita anteriormente, mostram elevado número de UFC.m⁻³ em todos os ambientes (Tabela 3), em especial no acervo geral e na recepção da área de estudos individuais, que despontam como os ambientes mais biocontaminados.

Em 24 de outubro de 2000, foi publicada, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a Resolução –

RE nº 176, contendo orientação Técnica sobre Padrões Referenciais de QAI em ambientes de uso público e coletivo com climatização artificial (BRASIL, 2000), que foi aprimorada pela Resolução – RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003 (BRASIL, 2003). De acordo com a RE nº 9, o valor máximo recomendável para contaminação microbiológica deve ser ≤ 750 UFC.m⁻³ de fungos; com base nessa determinação da legislação vigente, apenas o setor de estudos individuais e a recepção principal estão dentro dos parâmetros estabelecidos, enquanto o acervo geral e recepção de estudos estão em discordância.

Tabela 3 - Análise quantitativa (média de unidades formadoras de colônia fúngica por metro cúbico) por setor analisado durante os meses de setembro a dezembro de 2014.

Ambiente	Setor	Média UFC.m ⁻³
Biblioteca	Acervo geral	1.924
	Setor de estudos individuais	584
	Recepção principal	750
	Recepção de estudos	1.469

UFC.M⁻³: UNIDADES FORMADORAS DE COLÔNIA FÚNGICA POR METRO CÚBICO.

Essa alta concentração de colônias era esperada, devido principalmente à grande quantidade de substratos favoráveis à ação de biodegradadores/biopoluentes sobre os acervos físicos e digitais. Os dados corroboram estudo conduzido por Bortoletto, Machado e Coutinho em 2002, em que foi constatada uma séria contaminação fúngica no ar da biblioteca da Fundação Oswaldo Cruz, em Manguinhos, cujo acervo contava com 620.000 volumes, na época. A biblioteca foi interdita por cinco meses devido a essa contaminação.

Após análise qualitativa, foram identificados 14 diferentes grupos fúngicos, distribuídos em 9 gêneros e 5 espécies, formados predominantemente por deuteromicetos filamentosos hialinos, com destaque para os gêneros *Acremonium* sp., *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp., encontrados nos 4 setores.

Ainda no tocante à composição do espectro de fungos anemófilos, destaca-se que o único representante do grupo das leveduras foi o gênero *Candida* sp. Estudos aerobiológicos realizados em países temperados apontam os fungos demáceos, em especial o gênero *Cladosporium* sp., como os preponderantes no ar e na poeira (SOLOMON *et al.*, 2006). No presente estudo, a incidência de fungos demáceos foi pequena, representada pelos gêneros *Cladosporium* sp. e *Exophiala* sp.

A representativa variedade de fungos encontrada coaduna-se a dois estudos anteriores realizados no Estado do Ceará. Menezes, Alcanfor e Cunha (2006) expuseram 50 placas de Petri na sala de periódicos da Biblioteca das Ciências da Saúde da Universidade Federal do Ceará e isolaram 13 gêneros fúngicos, com destaque para *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Curvularia* sp. e

Cladosporium sp., concluindo que aquele espaço era insalubre, já que os fungos poderiam desencadear alergias respiratórias nos frequentadores.

A segunda pesquisa sobre o tema conhecida no Ceará foi realizada por pesquisadores do Laboratório de Microbiologia do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Ceará, quando monitoraram o ar da Biblioteca Central do *Campus* do Itaperi por um período de um ano e identificaram vários fungos anemófilos, com maior taxa de prevalência para *Acremonium blochii*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus* sp., *Fusarium clamidosporium*, *Fusarium* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp. e *Scytalidium hyalinum* (PANTOJA; COUTO; PAIXÃO, 2007).

A diversidade do espectro fúngico do ar de bibliotecas situadas em diferentes locais é reforçada ainda pelos dados de Rosa *et al.* (2008), cujo estudo apontou que os fungos mais frequentes na biblioteca da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Goiás foram os zigomicetos *Mucor* sp., *Rhizopus* sp. e *Syncephalastrum* sp., o que reforça que a distribuição fúngica obedece a um padrão geográfico, enfatizando a importância de estudos regionalizados que visem conhecer a microbiota específica de cada região.

Buscando uma relação entre os achados fúngicos, foi aplicada a análise estatística pelo método de correlação simples entre variáveis por meio do teste *t* de Student, com o objetivo de comparar o nível de significância e a correlação entre os achados. Como resultado constatou-se nível significativo de 1% de probabilidade entre *Acremonium* sp., *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp. (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultados de correlação por meio do teste *t* de Student e o real nível de significância entre os achados fúngicos.

Correlação	Coefficiente de correlação (r)	Nível de significância
<i>Acremonium</i> sp. versus <i>Aspergillus niger</i>	1,000	**
<i>Acremonium</i> sp. versus <i>Aspergillus terreus</i>	1,000	**
<i>Aspergillus flavus</i> versus <i>Penicillium</i> sp.	1,000	**
<i>Aspergillus niger</i> versus <i>Aspergillus terreus</i>	1,000	**
<i>Candida</i> sp. versus <i>Cladosporium</i> sp.	1,000	**
<i>Acremonium</i> sp. versus <i>Aspergillus flavus</i>	-0,3333	ns

**SIGNIFICATIVO DE 1% DE PROBABILIDADE (P<0,01); NS: NÃO SIGNIFICATIVO (P≥0,05).

Com base nos resultados acima, estipula-se que, quando um dos gêneros/espécies fúngicos citados está presente, existe uma forte tendência de o outro gênero/espécie também ser encontrado no mesmo setor. Nesse sentido, foi possível verificar quais achados fúngicos estão mais próximos uns dos outros; as demais relações foram todas não significativas (dados não demonstrados na tabela). Com esses

dados, os gestores das bibliotecas podem fazer uso de técnicas de preservação específicas, como o uso de fungicidas, quando necessário, ou técnicas gerais, como remover a poeira e eliminar os elementos poluentes, realizar manutenção periódica do aparelho de ar-condicionado, mantendo, assim, a integridade dos acervos e garantindo que estes tenham uma vida longa (CAMPOS, 2006).

CONCLUSÃO

No âmbito nacional, os estudos envolvendo os COVFs e a qualidade do ar ainda são escassos e isolados. O presente trabalho investigou e detectou quatro álcoois, com destaque para o 2-metil-1-propanol, um indicador de crescimento fúngico recente presente no ar; logo, com a detecção desse e de outros COVFs é possível determinar uma contaminação precoce, visto que a técnica usada é rápida e de alta sensibilidade.

Também se destaca a significativa diversidade do espectro fúngico encontrado na microbiota aérea dos setores analisados da biblioteca, bem como a existência de agrupamentos com forte correlação, em especial com os hialomicetos *Acremonium*, *Aspergil-*

lus e *Penicillium*. Com base nesses achados pode-se propor que o espaço físico das bibliotecas analisadas passe a ser suficientemente arejado, racionalmente iluminado, limpo periodicamente e que os valores termo-higrométricos sejam adequados à preservação dos livros e documentos.

Enfim, os dados apresentados são indicativos de que mais monitoramentos precisam ser realizados em outros ambientes ocupacionais, visando estabelecer uma melhoria no monitoramento vigente, provocando uma maior discussão no meio acadêmico e legislativo sobre o tema e, por fim contribuir para o estudo sistematizado da Aerobiologia nacional.

REFERÊNCIAS

- ARAKI, A.; EITAKI, Y.; KAWAI, T.; KANAZAWA, A.; TAKEDA, M.; KISHI, R. Diffusive sampling and measurement of microbial volatile organic compounds in indoor air. *Indoor Air*, v. 19, p. 421-432, 2009.
- BASTOS, J.E. *Requisitos para a garantia de qualidade do ar em ambientes climatizados – enfoque em ambientes hospitalares*. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- BOGOMOLOVA, E. & KIRTSIDELI, I. Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg Underground railway system. *International Biodeterioration and Biodegradation*, v. 63, p. 156-160, 2009.
- BORTOLETO, M.E.; MACHADO, R.R.; COUTINHO, E. Contaminação fúngica do acervo da biblioteca de Manguinhos da Fundação Oswaldo Cruz. Ações desenvolvidas para sua solução. *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v. 14, p. 1-10, 2002.
- BRAMORSKI, A. *Caracterização do crescimento e produção de compostos voláteis por fungos filamentosos cultivados sobre substratos agro-industriais*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Resolução n. 176*, 24 de outubro de 2000. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Orientação técnica sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Brasília: Ministério da Saúde, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução RE nº 09, de 16 de janeiro de 2003*. Determina a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Brasília: Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, 20 jan, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 382/2006, de 26 de dezembro de 2006*. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Brasília: Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, 02 jan., p. 131, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 436/2011, de 22 de dezembro de 2011*. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. Brasília: Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, 26 dez., p. 304-311, 2011.

CAMPOS, M.L.F. *Políticas de preservação de documentos em bibliotecas públicas estaduais brasileiras*. Monografia (Graduação) – Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 3, de 28 de junho de 1990*. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, 22 ago., Seção 1, p. 15937-15939, 1990.

DEMYTTENAAREA, J.C.R.; MORIÑAA, R.M.; KIMPEA, N.; SANDRAB, P. Use of headspace solid-phase microextraction and headspace sorptive extraction for the detection of the volatile metabolites produced by toxigenic *Fusarium* species. *Journal of Chromatography*, v. 1027, p. 147-154, 2004.

FIEDLER, K.; SCHÜTZ, E.; GEH, S. Detection of microbial volatile organic compounds (MVOCs) produced by moulds on various materials. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v. 204, p. 111-121, 2001.

GUO, P.; YOKOYAMA, K.; PIAO, F.; SAKAI, K.; KHALEQUZZAMAN, M.; KAMIJIMA, M.; NAKAJIMA, T.; KITAMURA, F. Sick Building Syndrome by Indoor Air Pollution in Dalian, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 10, p. 1489-1504, 2013.

HESS-KOSA, K. *Indoor quality: sampling methodologies*. Boca Raton: CRC Lewis Publishers, 2002. 320p.

HOOG, G.S.; GUARRO, J.; GENÉ, J. *Atlas of Clinical Fungi*. 2nd ed. Delf: Centraalbureau voor Schimmelculture/Universitat Rovira i Virgili, 2000.

HUANG, C.; LEE, C.C.; LI, F.G.; SU, H.J.J. The seasonal distribution of bioaerosols in municipal landfill sites: a 3-year study. *Atmospheric Environment*, v. 36, p. 4385-4395, 2002.

LACAZ, C.S.; PORTO, E.; MARTINS, J.E.C.; HEINS-VACCARI, E.M.; TAKAHASHI DE MELO, N. *Tratado de Micologia Médica*. 9^a ed. São Paulo : Sarvier. 1104p, 2002.

LI, C. & KUO, Y. Airborne characterization of fungi indoors and outdoors. *Journal of Aerosol Science*, v. 23, p. 667-670, 1992.

LI, Y; LEUNG, G.M.; TANG, J.W.; YANG, X.; CHAO, C.Y.H.; LIN, J.Z.; LU, J.W.; NIELSEN, P.V.; NIU, J.; QIAN, H.; SLEIGH, A.C.; SU, H.-J.J.; SUNDELL, J.; WONG, T.W.; YUEN, P.L. Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment – a multidisciplinary systematic review. *Indoor Air*, v. 17, p. 2-18, 2007.

LUKASZUK, C.; KRAJEWSKA-KULAK, E.; KRASZYNSKA, B.; GNIADK, A.; CHADZOPULU, A.; THEODOSOPOULOU, E.; BOUSMOUKILIA, S.; TEROVITOU, C.; AMANATIDOU, A.; DANILIDIS, D.; ADRANIOTIS, J. Analysis of fungal air pollution using different samplers. *Progress in Health Sciences*, v. 1, n. 1, p. 34-42, 2011.

MENEZES, E.A.; ALCANFOR, A.C.; CUNHA, F.A. Airborne fungi in the periodics room of the library of health science of the University Federal of Ceará. *Revista Brasileira de Análises Clínicas*, v. 38, p. 155-158, 2006.

MORAIS, G.R.; SILVA, M.A.; CARVALHO, M.V.; SANTOS, J.G.S.; BRITO, D.V.D. Qualidade do ar interno em uma instituição de ensino superior brasileira. *Bioscience Journal*, v. 26, n. 2, p. 305-310, 2010.

MORATH, S.U.; HUNG, R.; BENNETT, J.W. Fungal volatile organic compounds: a review with emphasis on their biotechnological potential. *Fungal Biology Reviews*, v. 26, p. 73-83, 2012.

MOULARAT, S.; ROBINE, E.; RAMALHO, O.; OTURAN, M.A. Detection of fungal development in closed spaces through the determination of specific chemical targets. *Chemosphere*, v. 72, p. 224-232, 2008a.

MOULARAT, S.; ROBINE, E.; RAMALHO, O.; OTURAN, M.A. Detection of fungal development in a closed environment through the identification of specific VOC: demonstration of a specific VOC fingerprint for fungal development. *Science of the Total Environment*, v. 407, p. 139-146, 2008b.

NAPOLI, C.; MARCOTRIGIANO, V.; MONTAGNA, M.T. Air sampling procedures to evaluate microbial contamination: a comparison between active and passive methods in operating theatres. *BMC Public Health*, v. 12, p. 594, 2012.

PANTOJA, L.D.M.; COUTO, M.S.; PAIXÃO, G.C. Diversidade de bioaerossóis presentes em ambientes urbanizados e preservados de um Campus universitário. *Biológico*, v. 69, p. 41-47, 2007.

PANTOJA, L.D.M.; RIZZO, R.S.; CARVALHO, B.S.; FERREIRA, V.C.; GALAS, K.S.; FONSECA, F.R.M.; PAIXÃO, G.C. Constituição da microbiota aérea de bibliotecas públicas no município de Fortaleza, estado do Ceará, Brasil. *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v. 17, n. 34, p. 31-41, 2012.

PASTORE, G.M.; SATO, H.H.; YANG, T.S.; PARK, Y.K.; MIN, D.B. Production of fruity aroma by newly isolated yeast. *Biotechnology Letters*, v. 16, n. 4, p. 389-392, 1994.

PEI-CHIN, W.; HUEY-JEN, S.; CHIA-YIN, L. Characteristics of indoor and outdoor airborne fungi at suburban and urban homes in two seasons. *The Science of the Total Environment*, v. 253, p. 111-118, 2000.

PERERA, T.M.; JAYASINGHE C.; PERERA S.A.S.; RAJAPAKSA S.W. Indoor air quality and human activities in buildings. Research Exchange (Civil Engineering). In: SYMPOSIUM FACULTY OF ENGINEERING, University of Ruhuna, Ruhuna, 2012.

QUADROS, M.E. *Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

RIO DE JANEIRO. *Qualidade do ar na cidade do Rio de Janeiro*. Relatório da Rede Monitorar-Rio (2011-2012). Rio de Janeiro: Prefeitura do Rio de Janeiro, 2012.

ROSA, H.; LEMOS, J.A.; COSTA, C.R.; SILVA, M.R.R.; FERNANDES, O.F.L. Ocorrência de fungos filamentosos em acervo da faculdade de Medicina da Universidade Federal de Goiás. *Revista de Patologia Tropical*, v. 37, p. 65-69, 2008.

SCHIRMER, W.N.; PIAN, L.B.; SZYMANSKI, M.S.E.; GAUER, M.A. A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. *Cadernos Saúde Coletiva*, v. 16, n. 8, p. 3583-3590, 2011.

SCHLEIBINGER, H.; LAUSSMANN, D.; BORNEHAG, C-G.; EIS, D.; RUEDEN, H. Microbial volatile organic compounds in the air of moldy and mold-free indoor environments. *Indoor Air*, v. 18, p. 113-124, 2008.

SCHUCHARDT, S. & KRUSE, H. Quantitative volatile metabolite profiling of common indoor fungi: relevancy for indoor air analysis. *Journal of Basic Microbiology*, v. 49, p. 350-362, 2009.

- SIDRIM, J.J.C. & ROCHA, M.F.G. *Micologia Médica à luz de autores contemporâneos*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- SIQUEIRA, C.Y.S.; GIODA, A.; CARNEIRO, F.P.; RAMOS, M.C.K.V.; AQUINO NETO, F.R. Distribution of indoor air pollutants in downtown Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 22, n. 11, p. 2127-2138, 2011.
- STATHOLOUPOU, O.I.; ASSIMAKOPOULOS, V.D.; FLOCAS, V.A.; HELMIS, C.G. An experimental study of air quality inside large athletic halls. *Building and Environment*, v. 43, n. 5, p. 793-803, 2008.
- SOLOMON, G.M.; KOSKI, M.H.; ELLMAN, M.R.; HAMMOND, S.K. Airborne mold and endotoxin concentrations in New Orleans, Louisiana, after flooding, October through November 2005. *Environ Health Perspect*, v. 114, n. 9, p. 1381-1386, 2006.
- SOUSA, F.W. Estimativa da exposição e risco de câncer a compostos carbonílicos e BTEX em postos de gasolina na cidade de Fortaleza-CE. Tese (Doutorado em Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.
- SOUSA, K.S. & FORTUNA, J.L. Microrganismos em ambientes climatizados de consultórios odontológicos em uma cidade do extremo sul da Bahia. *Revista Baiana de Saúde Pública*, v. 35, n. 2, p. 250-263, 2011.
- TAVORA, L.G.F.; GAMBALE, W.; HEINS-VACCARI, E.M.; ARRIAGADA, G.L.H.; LACAZ, C.S.; SANTOS, C.R.; LEVIN, A.S. Comparative performance of two air samplers for monitoring airborne fungal propagules. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 36, p. 613-616, 2003.
- TERESA, D.B.; PONSONI, K.; RADDI, M.S.G. Bioaerossóis em Ambientes do Prédio Tradicional da Faculdade de Ciências Farmacêuticas – UNESP. *Revista de Ciências Farmacêuticas*, v. 22, n. 1, p. 31-39, 2001.
- USEPA – US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air*. Compendium Method TO-15 Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) In Air Collected In Specially-Prepared Canisters And Analyzed By Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). 2nd ed. Cincinnati: USEPA, 1999a.
- USEPA – US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air*. Compendium Method TO-17 Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes. 2nd ed. Cincinnati: USEPA, 1999b.
- WESSÉN, B. & SCHOEPS, K-O. Microbial volatile organic compounds-what substances can be found in sick buildings? *Analyst*, v. 121, p. 1203-1205, 1996.
- WILKINS, K. Microbial VOC (MVOC) in buildings, their properties and potential use. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDOOR AIR QUALITY AND CLIMATE, 9., Monterey, California, 2002.
- WILKINS, K.; LARSEN, K.; SIMKUS, M. Volatile metabolites from mold growth on building materials and synthetic media. *Chemosphere*, v. 41, p. 437-446, 2000.