

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

MARINA ELLER QUADROS

***QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES INTERNOS
HOSPITALARES: PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E
MICROBIOLÓGICOS***

Florianópolis – SC

2008

MARINA ELLER QUADROS

*QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES INTERNOS
HOSPITALARES: PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E
MICROBIOLÓGICOS*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Henrique de Melo Lisboa, Dr.
Co-orientador: Prof^a. Veturia Lopes de Oliveira, Dr^a.

Florianópolis-SC
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

QUADROS, Marina Eller

Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos. 134p.

Ambiente Hospitalar, Qualidade do Ar Interno, Bioaerossol, Dióxido de Carbono, COV

Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Florianópolis – SC – Junho, 2008.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

QUADROS, Marina Eller. Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos. 2008. 134p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MARINA ELLER QUADROS

QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES INTERNOS HOSPITALARES: PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Florianópolis, 20 de junho de 2008.

Profº Dr. Sebastião Roberto Soares
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

Profº Dr. Henrique de Melo Lisboa (orientador)

Profº Dr. Veturia Lopes de Oliveira (Co-orientadora)

BANCA EXAMINADORA (membros)

Profº Dr. Paulo Belli Filho

Profº Dr. Catia Regina Silva de Carvalho Pinto

Profº Dr. Margarida Matos de Mendonça

Profº Dr. Alexandre Verzani Nogueira

Conforme a linha da vida se transcorre,
amigos, colegas, pessoas maravilhosas,
se aproximam e se afastam.
Nossas linhas se cruzam, se transpassam,
correm em paralelo e,
eventualmente,
seguem novas direções.
Dedico este trabalho à minha família,
cuja linha da vida e a minha são uma só.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a professor Henrique de Melo Lisboa pela confiança a mim depositada nestes anos de trabalho conjunto, por sempre acreditar no meu potencial e ceder todos os recursos necessários para a realização deste e de outros trabalhos.

À professora Veturia Lopes de Oliveira, pela enorme dedicação e excelente orientação.

Ao Laboratório de Controle da Qualidade do Ar (ENS/UFSC), pelo financiamento integral da parte experimental deste trabalho, que incluiu a aquisição de novos equipamentos e materiais, a partir de recursos próprios.

Ao Laboratório de Ectomicorrizas (MIP/UFSC), ao Laboratório Integrado do Meio Ambiente (ENS/UFSC) e ao Laboratório de Toxicologia Ambiental (ENS/UFSC) e às suas equipes, por disponibilizarem as suas estruturas laboratoriais.

Ao Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina, em especial às equipes dos setores: CCIH (Enfermeira Zulmira), UTI, UTN, Centro Cirúrgico, DMSG e Lab. de Análises Clínicas (Cleta), por permitirem a realização desta pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro na forma de bolsa do Programa de Fomento à Pós-Graduação.

Aos colegas de laboratório: Gilson Miranda, pelos ensinamentos em química e treinamentos sobre a técnica analítica empregada, Waldir, Isabel, Valéria, Priscila, e Bianca Lucchesi pelo apoio na parte experimental do trabalho.

Aos membros da banca, pelas suas estimadas contribuições para o melhoramento do trabalho.

Aos demais colegas, docentes e discentes, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, pelas trocas acadêmicas que influenciaram positivamente neste trabalho.

Happyness is only real when shared
(Christopher McCandless)

RESUMO

A qualidade de vida das pessoas é grandemente influenciada pela qualidade do ar que respiram. Em centros urbanos, mais de 80% do tempo é passado em ambientes internos. No caso específico de unidades de saúde, a qualidade do ar pode exercer influência direta no tempo de recuperação dos pacientes e na ocorrência de infecções hospitalares. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do ar interno em três categorias de ambientes hospitalares: UTI neonatal, UTI e centro cirúrgico do Hospital Universitário (HU/UFSC) em Florianópolis (SC). Foram avaliados os seguintes parâmetros de conforto e indicadores de renovação do ar nos ambientes: temperatura, umidade relativa, concentração de dióxido de carbono, velocidade média das correntes de ar e vazão de ar de renovação. Esses parâmetros permitiram estabelecer a taxa de ocupação máxima aceitável em cada sala do centro cirúrgico. Foi realizada uma avaliação qualitativa dos compostos orgânicos voláteis (COV) nos ambientes internos através de cromatografia gasosa e espectrometria de massas, e seus resultados permitiram afirmar que existe acúmulo de COV em alguns dos ambientes estudados. Avaliou-se a técnica de amostragem passiva de bioaerossóis em um dos ambientes de estudo, onde se observou uma fraca relação entre o tempo de exposição das placas e a contagem de bioaerossóis. A concentração de bioaerossóis nos ambientes foi estudada através da amostragem ativa, utilizando-se um impactador em meio sólido com meios de cultura seletivos para fungos e bactérias. Estudou-se o comportamento da concentração de bioaerossóis no decorrer do dia, havendo relação com a taxa de ocupação do local. O tempo de uso das salas de cirurgia não acarretou em um aumento da concentração de bioaerossóis. Os resultados obtidos permitiram identificar fungos filamentosos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* como os mais frequentes nos ambientes estudados. A eficiência dos filtros de um sistema de ar condicionado foi determinada quanto à remoção de fungos filamentosos do ar. Obteve-se 40,9% de eficiência para o filtro-bolsa e 100% para o filtro absoluto. A concentração média de bioaerossóis observada foi de 231 UFC/m³ para fungos e 187 UFC/m³ para bactérias. Foram identificados COV apenas nas salas do centro cirúrgico e na UTI, onde o número de compostos identificados não ultrapassou 15. Todos os ambientes avaliados atendiam aos valores recomendados pela legislação vigente. Entretanto, os resultados permitiram sugerir adequações a essa legislação para a qualidade do ar interno em ambientes de uso comum e dar sugestões para o estabelecimento de uma futura resolução específica para a qualidade do ar interno em ambientes hospitalares.

PALAVRAS-CHAVE: ambiente hospitalar, qualidade do ar interno, bioaerossol, dióxido de carbono, COV

ABSTRACT

People's quality of life is greatly influenced by the quality of the air they breathe. In urban centers, more than 80% of the time is spent indoors. Specifically in health centers, air quality may exert a direct influence in the patient's recovery time and in the occurrence of nosocomial infections. This work's objective was to evaluate the indoor air quality of three categories of hospital environments: a neonatal ICU, an ICU and a surgical ward inside the University Hospital at the Federal University of Santa Catarina (HU/UFSC), in Florianópolis (SC), Brazil. The following comfort parameters and indicators of indoor air exchange were evaluated: temperature, relative humidity, carbon dioxide concentration, average air speed and exchange flow rate. These parameters allowed for the establishment of the maximum occupation accepted in each operating room. A qualitative evaluation of the volatile organic compounds (VOC) was also performed, using gas chromatography and mass spectrometry. The results showed a slight accumulation of VOC in some of the indoor environments. The passive bioaerosol sampling technique was evaluated in one of the environments, and a weak relationship was observed between the agar plate exposure times and the bioaerosol counts. Bioaerosol concentrations were also measured through active sampling, using an agar plate impactor (Andersen sampler) with selective culture medias for fungi and bacteria. This parameter's behavior was studied throughout one work day, and this permitted to visualize a slight relationship between bioaerosol counts and indoor occupation rates. Time of usage did not cause a direct increase in the bioaerosol concentrations. Filamentous fungus of the *Aspergillus* and *Penicillium* genera were the most frequent. The filters of a fan-coil unit were tested for the removal of filamentous fungi. Values of 41% and 100% were obtained for fungi removal efficiencies of bag and HEPA filters, respectively. All studied environments were in compliance with the current indoor air regulations. The results allowed for the suggestion of improvements in the Brazilian indoor air quality legislation and for the establishment of a future regulation, specific for hospital's indoor air quality.

KEYWORDS: hospital environment, indoor air quality, bioaerosol, carbon dioxide, VOC

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Principais fontes de reclamação na qualidade do ar interno (HESS-KOSA, 2002).	46
Figura 2: Esquema ilustrativo do impactador de fenda ou orifício	49
Figura 3: Esquema ilustrativo do amostrador de Andersen	50
Figura 4: Esquema representativo do sistema de refrigeração do tipo <i>fan-coil</i>	55
Figura 5: Termo-anemômetro utilizado neste estudo	57
Figura 6: Localização dos insufladores de ar na sala nº 3 do centro cirúrgico.	58
Figura 7: Aparelho medidor de CO ₂ , temperatura e umidade utilizado neste trabalho.	59
Figura 8: Esquema representativo dos cartuchos de amostragem utilizados	59
Figura 9: Esquema de amostragem ativa de COV	60
Figura 10: Componentes do sistema ATD/GC-MS.	61
Figura 11: Amostragem passiva na UTN.	64
Figura 12: Amostrador de Andersen	65
Figura 13: Aspecto dos fungos isolados em tubos de ensaio	66
Figura 14: Conjunto usado para microcultivo	67
Figura 15: Lâmina com microcultura já desenvolvida	67
Figura 16: β -Hemólise observada ao redor de algumas colônias	68
Figura 17: Painel de controle de temperatura e umidade da UTI	70
Figura 18: Local de amostragem na UTI	71
Figura 19: Local de amostragem na UTN	73
Figura 20: Momento da amostragem na sala de cirurgia nº1	75
Figura 21: Croquis simplificado da sala de cirurgia nº1, mostrando o local da amostragem e sua posição em relação à mesa de cirurgia posicionado no centro da sala.	76
Figura 22: Retirada da amostra nº5 de COV da sala de cirurgia nº1	77
Figura 23: Amostragem na sala de cirurgia nº3	79
Figura 24: Croquis da sala de cirurgia nº3.	80
Figura 25: Pontos de amostragem (1,2,3) no sistema de ar condicionado e ponto 4 (no ambiente externo).	82
Figura 26: Amostragem no sistema de ar condicionado	83
Figura 27: Ponto externo de amostragem	85
Figura 28: As fotos mostram a mesma placa com Ágar Sabouraud Dextrose, fotografada na mesma posição, apresentando o crescimento de fungos filamentosos em diferentes tempos de avaliação.	106
Figura 29: Fotomicrografias dos conidióforos e conídios de alguns isolados do gênero <i>Aspergillus</i>	108
Figura 30: Placa de amostragem contendo ágar sangue, mostrando colônias de alguns isolados	110
Figura 31: Placas com isolados de bactérias em ASD (esquerda) e ASC (direita).	110
Figura 32: Fotomicrografias dos isolados 1 e 8, mostrando bacilo longos em cadeia (estreptobacilos) e bacilos fracamente corados e de menor dimensão, respectivamente.	112
Figura 33: Fotomicrografias dos isolados 15 e 17, mostrando estreptobacilos e estafilococos, respectivamente.	112

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Diagrama de caixas das medições de CO ₂ nos três ambientes _____	88
Gráfico 2: Concentração de CO ₂ e grau de ocupação na sala de cirurgia n° 1 _____	90
Gráfico 3: Relação entre a concentração de CO ₂ e o grau de ocupação da sala de cirurgia n° 1 _____	90
Gráfico 4: Concentração de CO ₂ e grau de ocupação na sala de cirurgia n° 3 _____	91
Gráfico 5: Relação entre a concentração de CO ₂ e o grau de ocupação da sala de cirurgia n° 3 _____	91
Gráfico 6: Cromatogramas das amostras coletadas na UTI _____	93
Gráfico 7: Cromatogramas das amostras coletadas na UTN _____	94
Gráfico 8: Cromatogramas das amostras coletadas na sala n° 1 do centro cirúrgico _____	95
Gráfico 9: Cromatograma da amostra coletada na saída do sistema de respiração artificial _____	96
Gráfico 10: Cromatogramas das amostras coletadas na sala n° 3 do centro cirúrgico _____	97
Gráfico 11: Cromatogramas das amostras coletadas no ponto externo _____	98
Gráfico 12: Diagrama de pontos da concentração de fungos através da amostragem passiva _____	100
Gráfico 13: Relação entre a concentração de fungos e bactérias e a ocupação das salas do centro cirúrgico _____	103
Gráfico 14: Frequência de gêneros fúngicos encontrados em amostras do ar do HU/UFSC. _____	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros referenciais microbiológicos de QAI, segundo a CP n° 109 _____	56
Tabela 2: Detalhes da amostragem de COV na UTI _____	71
Tabela 3: Detalhes da amostragem de bioaerossóis na UTI _____	72
Tabela 4: Detalhes da amostragem de COV na UTN _____	72
Tabela 5: Detalhes da amostragem de bioaerossóis na UTN _____	73
Tabela 6: Detalhes da amostragem passiva de fungos na UTN _____	74
Tabela 7: Detalhes da amostragem de COV na Sala de cirurgia n° 1 _____	77
Tabela 8: Detalhes da amostragem de bioaerossóis na sala de cirurgia n°1 _____	78
Tabela 9: Detalhes da amostragem de COV na Sala de cirurgia n° 3 _____	80
Tabela 10: Detalhes da amostragem de bioaerossóis na sala de cirurgia n° 3 _____	81
Tabela 11: Detalhes da amostragem de bioaerossóis no sistema de ar-condicionado _____	84
Tabela 12: Detalhes da amostragem de COV no ponto externo _____	85
Tabela 13: Detalhes da amostragem de bioaerossóis no ponto externo _____	85
Tabela 14: Velocidade das correntes de ar _____	86
Tabela 15: Vazão de insuflamento no centro cirúrgico _____	86
Tabela 16: Taxa de renovação de ar _____	87
Tabela 17: Concentração de CO ₂ , temperatura e umidade nos ambientes _____	88
Tabela 18: Detalhes da amostragem passiva de fungos na UTN _____	99
Tabela 19: Concentração de bioaerossóis nos ambientes _____	101
Tabela 20: Concentração total de bioaerossóis coletados com ASD _____	102
Tabela 21: Relação I/E _____	102
Tabela 22: Concentração de CO ₂ dentro do sistema de ar condicionado _____	104
Tabela 23: Concentração de bioaerossóis no sistema de ar-condicionado _____	105
Tabela 24: Eficiência dos filtros no sistema de ar condicionado _____	105
Tabela 25: Fungos filamentosos identificados nos ambientes _____	108
Tabela 26: Características das bactérias e leveduras isoladas _____	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Matriz de relevância do tema	18
Quadro 2: Principais poluentes do ar interno e suas fontes	21
Quadro 3: Classificação dos filtros e sua eficiência de filtração	53
Quadro 4: Características dos adsorventes empregados.....	60
Quadro 5: Parâmetros das análises em GC/MS.....	62
Quadro 6: Informações sobre os sedativos utilizados via aérea no centro cirúrgico.....	77
Quadro 7: Compostos orgânicos voláteis identificados em cada ambiente de estudo.	92
Quadro 8: Principais doenças associadas aos diferentes gêneros de fungos filamentosos isolados	109

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AC	Ar-condicionado
AIDS	Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (<i>Acquired Immunodeficiency Syndrome</i>)
ASHRAE	Sociedade Norte-Americana de Engenheiros de Aquecimento e Ventilação
ASD	Ágar Sabouraud Dextrose
ATD	Dessorção Térmica Automática
CC	Centro Cirúrgico
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
COV	Composto(s) Orgânico(s) Volátil(eis)
ETS	Fumaça de Cigarro (<i>environmental tobacco smoke</i>)
FMC	Fumaça
GC/MS	Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas
H ₂ CO	Formaldeído
HPA	Hidrocarboneto(s) policíclico(s) aromático(s)
IH	Infecção Hospitalar
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
IVR	Infecção viral respiratória
LT	Limite de tolerância
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
MP	Material Particulado
MP2,5	Material particulado de diâmetro inferior a 2,5µm
MP10	Material particulado de diâmetro inferior a 10µm
NO	Óxido de Nitrogênio
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
O ₃	Ozônio
PE	Ponto de Ebulição
PM	Peso Molecular
Pó	Polônio (elemento químico)
ppm	Parte por Milhão
ppb	Parte por Bilhão
ppt	Parte por Trilhão
PVC	Policloreto de vinila
QAI	Qualidade do Ar Interno
Ra	Rádio (elemento químico)
Rn	Radônio
RN	Recém-Nascido
SO ₂	Dióxido de Enxofre
TR	Medida de potência de refrigeração
UFC	Unidade Formadora de Colônia
UTI	Unidade de Tratamento Intensivo
UTN	Unidade de Tratamento Intensivo Neonatal

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
1.1.	Antecedentes do Tema.....	16
1.2.	Justificativas	17
1.3.	Estudo de Relevância	18
1.4.	Organização do Trabalho.....	19
2.	OBJETIVOS.....	19
2.1.	Objetivo Geral	19
2.2.	Objetivos Específicos	19
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1.	Condições de conforto térmico, circulação e renovação do ar	21
3.2.	Contaminantes físico-químicos do ar interno e efeitos à saúde	23
3.2.1.	Material Particulado (MP).....	23
3.2.2.	Fibra de Amianto	24
3.2.3.	Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	25
3.2.4.	Compostos Inorgânicos	28
3.2.5.	Fumaça de Cigarro (ETS - Environmental Tobacco Smoke).....	31
3.3.	Contaminantes microbiológicos do ar interno e efeitos à saúde	32
3.3.1.	Vírus	32
3.3.2.	Bactérias	34
3.3.3.	Fungos	38
3.3.4.	Alergênicos Biológicos e hipersensibilidade.....	39
3.4.	Odores.....	40
3.5.	Infecção hospitalar (IH).....	41
3.5.1.	Particularidades de UTI.....	42
3.5.2.	Particularidades do ambiente neonatal	43
3.5.3.	Infecção de sítio cirúrgico (ISC)	44
3.6.	Síndrome do edifício doente (SED)	44
3.6.1.	Doença relacionada ao edifício.....	46
3.6.2.	Intolerância química múltipla.....	46
3.7.	Amostragem de ar interno	47
3.7.1.	Amostragem de material particulado (MP).....	47
3.7.2.	Amostragem de compostos para análise físico-química.....	48
3.7.3.	Amostragem de microorganismos	48
3.8.	Os sistemas de climatização	52
3.8.1.	Unidades de janela.....	54
3.8.2.	Sistema tipo <i>fan-coil</i>	54
3.9.	Legislação e normalização.....	55
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	57
4.1.	Determinação das condições de conforto	57
4.1.1.	Velocidade das correntes de ar	57
4.1.2.	Vazão de insuflamento do sistema de ar-condicionado.....	58
4.1.3.	Determinação da concentração de Dióxido de Carbono (CO ₂).....	58
4.2.	Determinação dos Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	59
4.2.1.	Amostragem de compostos orgânicos voláteis (COV)	59
4.2.2.	Análise qualitativa de COV	61
4.3.	Determinação dos parâmetros microbiológicos	63
4.3.1.	Meios de Cultura	63

4.3.2.	Amostragem Passiva	64
4.3.3.	Amostragem Ativa	65
4.3.4.	Análise Laboratorial.....	65
4.4.	Análise Estatística dos Dados	69
4.5.	Seleção dos Ambientes de Estudo	69
4.5.1.	Unidade de Terapia Intensiva Adulto (UTI).....	70
4.5.2.	Unidade de Terapia Intensiva Neonatal (UTN)	72
4.5.3.	Centro cirúrgico (CC)	74
4.5.4.	Sistema de Ar Condicionado.....	82
4.5.5.	Ponto Externo (PE)	84
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
5.1.	Velocidade das correntes e renovação de ar nos ambientes.....	86
5.2.	Concentração de CO ₂ , temperatura e umidade relativa do ar nos ambientes	87
5.3.	Avaliação qualitativa de COV nos ambientes.....	91
5.4.	Concentração de bioaerossóis nos ambientes	99
5.4.1.	Amostragem Passiva	99
5.4.2.	Amostragem Ativa	100
5.4.3.	Concentração de microorganismos e grau de ocupação dos ambientes.....	102
5.5.	Eficiência de tratamento no sistema de ar condicionado	104
5.6.	Período de incubação dos fungos.....	105
5.7.	Microorganismos isolados	106
5.7.1.	Fungos filamentosos	106
5.7.2.	Bactérias e leveduras.....	109
6.	CONCLUSÕES	113
7.	RECOMENDAÇÕES	114
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
	APÊNDICE – DESCRIÇÃO DOS FUNGOS IDENTIFICADOS.....	126

1. INTRODUÇÃO

O homem busca abrigo, proteção e segurança nos ambientes artificiais onde vive. As características atuais das sociedades desenvolvidas e em desenvolvimento fazem com que um elevado número de indivíduos passe a maior parte do seu dia em ambientes fechados. Com o desenvolvimento social e a urbanização, as formas de trabalho sedentárias tomam o lugar do trabalho ao ar livre nas cidades urbanizadas, podendo-se afirmar que passamos a maior parte do tempo em ambientes fechados.

A natureza evidente da poluição do ar externo, nos aspectos visuais e sensoriais, pode ser contrastada com a característica um tanto quanto invisível da poluição nos ambientes internos. Este pode ser um fator que influencia o julgamento das pessoas quanto à qualidade do ar nos ambientes internos e os seus efeitos à saúde. Numerosos estudos sugerem que a maioria das populações estudadas acredita que os riscos da inexistência de qualidade do ar em ambientes externos são substancialmente superiores aos riscos oferecidos pela má qualidade do ar em ambientes internos (LHEA, 1997 *apud* JONES, 1999, tradução minha). Essa opinião é formada em desconsideração à fração do tempo que se passa em ambientes internos versus externos.

Sabe-se que há prejuízo para a saúde em ambientes com altas concentrações de fumaça de cigarro, por exemplo, e que o monóxido de carbono (CO), vindo da combustão incompleta em ambientes fechados, é um composto asfíxiante. Além destes riscos, já se tem conhecimento que exposições prolongadas a concentrações mais sutis de alguns poluentes, como o radônio, microorganismos alergênicos e compostos orgânicos voláteis (COV) também acarretam prejuízos à saúde humana.

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Controle da Qualidade do Ar (LCQAr/ENS/UFSC), com apoio do Laboratório de Ectomicorrizas (LabEcto/MIP/UFSC). O LCQAr iniciou as atividades em 1982 em estudos sobre odores como forma de poluição do ar. Desde então, o grupo de pesquisa tem dado ênfase à pesquisa da qualidade do ar atmosférico, estudos de dispersão, tratamento de correntes gasosas e, a partir de 2005, a estudos da qualidade do ar interno. Este é o terceiro trabalho realizado pelo LCQAr na linha de pesquisa da qualidade do ar interno, e o segundo realizado na área microbiológica, entretanto, é o primeiro a estudar a microbiologia do ar em nível de mestrado.

1.1. Antecedentes do Tema

A história das pesquisas sobre a qualidade do ar interno estão ligadas à evolução da pesquisa científica sobre a qualidade do ar externo. Devido à similaridade entre as duas áreas, percebe-se que o conhecimento adquirido em uma migra para a outra, bem como alguns de seus pesquisadores. Embora se saiba da importância da qualidade do ar e da sua relação com a saúde humana há séculos, foram alguns episódios mais marcantes, ocorridos no século XIX, que despertaram a atenção da população em geral para este tema.

Spengler, Samet e McCarthy (2004) afirmam que a era moderna dos estudos sobre poluição do ar se iniciou com o episódio do “London Fog”. Nesta época surgiram as primeiras pesquisas epidemiológicas e científicas traçando a ligação potencial entre a qualidade do ar externo e a saúde humana. Assim, surgiu a preocupação em se separar os ambientes internos das numerosas fontes de poluição no ar externo.

O conceito de qualidade do ar interno não é recente. Há publicações do início do século XIV que discutem o assunto e já sugerem que a solução para problemas de qualidade do ar interno é a ventilação adequada dos ambientes (HAINES e WILSON, 1998). Entretanto, até recentemente, os efeitos da poluição do ar interno à saúde humana têm recebido pouca atenção da comunidade científica. Diversos autores (STOLWIJK, 1992 *apud* JONES, 1999; ADDINGTON, 2004; ZHANG, 2004) afirmam que, antes da década de setenta, os problemas com a qualidade do ar em residências e ambientes de trabalho não-industriais eram investigados ocasionalmente, mas o nível de interesse era baixo.

A partir da década de setenta observou-se um aumento do uso de sistemas de ar condicionado em edificações. Esta tendência influenciou no projeto de edifícios onde a comunicação com o ar externo é minimizada, o que pode acarretar em uma concentração dos poluentes gerados no ambiente interno. Então se observaram as primeiras reclamações de trabalhadores em ambientes internos, e estudos revelaram que as concentração de poluentes nestes locais poderiam ser de 2 a 5 vezes superiores àquelas no ar externo (ADDINGTON, 2004; ZHANG, 2004). Em 1995, na cidade de Cleveland (EUA) houve um caso associando a inadequada qualidade do ar interno a casos de mortalidade infantil, causada especificamente pelo fungo *Stachybotrys chartarum* (SPENGLER, CHEN e DILWALI, 2004). Episódios críticos como esse, associados ao número crescente de reclamações relativas ao conforto humano dentro das edificações, vêm incentivando as pesquisas em qualidade do ar interno.

1.2. Justificativas

O grande número de horas despendido por pessoas em ambientes internos, especialmente em centros urbanos, é uma justificativa social para a realização deste trabalho. A qualidade de vida das pessoas é grandemente influenciada pela qualidade do ar que respiram na maior parte do tempo. Pode-se afirmar que as pessoas nas áreas urbanas passam, geralmente, mais de 80% de seu tempo em ambientes fechados, como residências, escritórios, veículos e *shopping centers* (ZHANG, 2004; STATHOLOUPOU *et al.*, 2008; WANG, ANG e TADE, 2007). Segundo estes autores, o nível de poluentes no ar de ambientes internos é freqüentemente maior do que no ar externo.

Síndromes complexas surgiram ligadas à qualidade do ar interno, como a Síndrome do Edifício Doente (SED), e a Doença Relacionada ao Edifício (DRE). A inadequada qualidade do ar em ambientes internos está também associada à perda de produtividade e abstenção no ambiente de trabalho (JONES, 1999; SPENGLER, SAMET e MCCARTHY, 2004). Portnoy, Flappan e Barnes (2001) associam a exposição a poluentes do ar interno a um aumento da incidência e prevalência mundial de asma.

No caso específico de uma unidade de saúde, a qualidade do ar pode exercer uma influência direta e de grande significância na velocidade de recuperação dos pacientes e na ocorrência de infecções hospitalares. Em unidades de atendimento de portadores de câncer e doenças imunodepressoras, como a AIDIS, estudos desta natureza ganham ainda maior importância, pois os usuários dessas unidades encontram-se com seus sistemas imunológicos comprometidos.

As doenças causadas pelo ar interno insalubre já estão entre as principais causas de pedidos de afastamento do trabalho, tanto nos Estados Unidos quanto na Europa. A OMS contabilizou a contribuição de uma variedade de fatores de riscos a doenças e determinou que a poluição do ar interno é o 8º fator de risco mais importante, e que este é responsável por 2,7% do conjunto de casos de doenças no mundo (WHO, 2008). Indivíduos de terceira idade, passam até 90% do seu tempo em ambientes fechados (ZHANG, 2004; USEPA, 2005), e os poluentes contidos no ar desses ambientes podem ser tóxicos, principalmente para indivíduos suscetíveis a derrame cerebral e doenças cardíacas.

Existem no Brasil normas reguladoras da qualidade do ar, em especial aquelas estabelecidas pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Uma destas é a resolução RE nº 9

de 16 de janeiro de 2003, que estabelece padrões de referência de qualidade do ar interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo (BRASIL, 2003). As unidades de saúde se enquadram no escopo desta resolução.

Neste contexto, este trabalho pretende avaliar a qualidade do ar dessas unidades, sob a perspectiva dessa resolução. Outro aspecto importante deste trabalho, que está ligado a essa resolução, é a sugestão de melhorias ou adaptações para avaliar as unidades de saúde. Em 2003, a ANVISA fez uma consulta pública para a introdução de uma resolução específica para a qualidade do ar em unidades de saúde, sem que até a presente data ela tenha sido publicada. Esta situação abre a possibilidade de serem acatadas sugestões advindas de resultados de pesquisa na área, como no caso do presente trabalho.

1.3. Estudo de Relevância

Dando início à revisão bibliográfica deste trabalho, foi realizado um estudo de relevância sobre o tema em bases de dados científicas conhecidas na área de conhecimento das ciências exatas. A matriz a seguir apresenta o número de publicações científicas encontrados em diferentes portais, no nível local (bancos de teses da biblioteca universitária da UFSC e da USP), nacional (banco de teses do CAPES, Repidisca, e Google Acadêmico em português) e internacional (ScienceDirect, Google Acadêmico em inglês). A pesquisa foi realizada inicialmente usando três palavras-chave e então com combinações das palavras-chave (Quadro 1).

Quadro 1: Matriz de relevância do tema

palavra-chave portal		1	2	3	1+2	1+3	2+3	1+2+3
		infecção hospitalar	Qualidade do ar interno	microbiologia do ar				
		Nosocomial infection	indoor air quality	air microbiology				
ScienceDirect (inglês)		2.777	675	73	3	8	27	1
Google Acadêmico (inglês)		65.300	72.200	142.000	480	6.120	2.740	232
Google Acadêmico (português)		9.270	18.200	7.050	621	465	725	172
REPDISCA (português)		4	2	7	0	0	0	0
Banco de Teses (português)	CAPES	1275	120	118	2	3	7	1
	UFSC	1	1	0	0	0	0	0
	USP	29	62	91	0	1	0	0

Observando-se o quadro, verifica-se que há um número elevado de trabalhos lidando com a qualidade do ar interno e a microbiologia do ar, bem como a infecção hospitalar e a

microbiologia do ar e há um número menor de trabalhos realizados nesta temática no Brasil. Finalmente, não se observou nenhum trabalho realizado em nível local (na Universidade Federal de Santa Catarina) que incluísse as três palavras-chave.

1.4. Organização do Trabalho

O trabalho está dividido em seis partes. No primeiro capítulo é feita uma introdução ao tema e são apresentados um estudo da relevância do tema e as justificativas para a realização do trabalho. A segunda parte do trabalho apresenta os objetivos. O capítulo três compreende a revisão bibliográfica. Esta revisão trata sobre a qualidade do ar em ambientes internos, seus aspectos físico-químicos e biológicos; e também sobre a sua relação com a saúde humana e os aspectos legais. Na revisão, deu-se maior ênfase aos poluentes avaliados nos estudos de caso desta dissertação.

No capítulo quatro, as metodologias de avaliação dos diferentes parâmetros da qualidade do ar interno são apresentadas. Estas metodologias envolveram a coleta de amostras, análises laboratoriais e medições *in loco* com instrumentos portáteis de medição. Também são apresentados os três ambientes de estudo de caso.

No capítulo cinco, são apresentados os resultados obtidos e, simultaneamente a discussão. Finalmente, no capítulo seis, podem-se encontrar conclusões estabelecidas por via de uma análise dos resultados, sugestões de adequações da legislação brasileira atual e recomendações para trabalhos futuros a serem realizados na mesma temática.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a qualidade do ar interno em três categorias de ambientes hospitalares: UTI neonatal, UTI e centro cirúrgico do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina, visando estabelecer a relação entre o uso dos ambientes e a qualidade do ar interno, envolvendo uma análise crítica da legislação brasileira atual específica nessa área.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar os parâmetros de conforto e os indicadores de renovação do ar nos ambientes: temperatura, umidade relativa, concentração de CO₂, velocidade média das correntes de ar e vazão de ar de renovação;

- Caracterizar os COV (compostos orgânicos voláteis) nos ambientes internos e em um ponto externo, por meio de cromatografia gasosa e espectrometria de massas, comparando-se os resultados;
- Avaliar a técnica de amostragem passiva de bioaerossóis em um dos ambientes de estudo;
- Avaliar, através de amostragem ativa, a concentração de fungos e bactérias nos ambientes internos, para escolher entre os dois grupos, o melhor indicador das condições locais;
- Estudar as variações da concentração de bioaerossóis no decorrer do dia em duas salas de cirurgia e estabelecer uma possível relação entre o grau de contaminação dos ambientes e sua taxa de ocupação ou o tempo de uso.
- Comparar a concentração de fungos filamentosos no ambiente interno e em um ponto externo à edificação;
- Caracterizar e/ou identificar os fungos filamentosos e as bactérias isoladas;
- Determinar a eficiência dos filtros de um sistema de ar condicionado quanto à remoção de fungos filamentosos do ar.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A qualidade do ar em ambientes internos está relacionada aos componentes e às características do ar que podem afetar a saúde e o conforto dos ocupantes de uma edificação. Embora haja inúmeros contaminantes do ar, estes podem ser facilmente distinguíveis quanto à sua natureza, sendo classificados como químicos, físicos ou biológicos ou, ainda, como sendo de origem biológica e não-biológica. Os principais poluentes do ar são apresentados a seguir (Quadro 2), onde também são indicadas suas principais fontes.

As características do ar interno dependem diretamente da qualidade do ar no ambiente externo, mas, também, podem ser afetadas pelas atividades realizadas dentro das edificações, como o fumo e a cocção de alimentos, o aquecimento de ar e água, e até mesmo os materiais de construção e mobília (STATHOLOUPOU *et al.*, 2008).

Quadro 2: Principais poluentes do ar interno e suas fontes

	<i>Poluente</i>	<i>Principais fontes</i>
Poluentes de origem não biológica	Compostos orgânicos voláteis (COV)	Adesivos, tintas, solventes, materiais de construção, combustão, fumaça de tabaco.
	Dióxido de carbono (CO ₂)	Atividade metabólica, combustão, motores veiculares em garagens.
	Monóxido de carbono (CO)	Queima de combustíveis, aquecedores de água, fornos, fogões, aquecedores a gás ou a querosene, fumaça de tabaco.
	Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
	Óxido de Nitrogênio (NO)	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
	Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
	Formaldeído (H ₂ CO)	Materiais de isolamento, móveis, madeira compensada.
	Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)	Queima de combustíveis, fumaça de cigarro.
	Ozônio (O ₃)	Reações fotoquímicas, campos eletrostáticos (equipamentos eletrônicos).
	Radônio (Rn)	Solo, materiais de construção (pedras, concreto).
	Material Particulado	Re-suspensão, fumaça de tabaco, combustão.
	Fibra de asbesto ou amianto	Insulação, materiais anti-chama.
	Calor	Metabolismo humano, sistema de ar condicionado, cozinhas.
Origem biológica	Alergênicos	Poeira, animais domésticos, insetos.
	Pólen	Plantas de exterior e de interior.
	Microorganismos (fungos, bactérias, vírus)	Pessoas, animais, plantas e vasos, sistemas de ar condicionado.
	Esporos de Fungos	Solo, plantas, alimentos, superfícies internas.

Fonte: Adaptado de Jones *et al.*, 1999.

Os principais fatores que determinam a qualidade do ar em um dado ambiente interno são apresentados em duas categorias neste trabalho, contaminantes de origem não biológica e contaminantes de origem biológica. A descrição detalhada de cada categoria de poluente, suas principais fontes no contexto da qualidade do ar e a sua relação com a saúde humana são apresentados a seguir.

3.1. Condições de conforto térmico, circulação e renovação do ar

Os fatores físicos, como temperatura, umidade, taxa de circulação e renovação do ar não somente afetam o desenvolvimento de microorganismos no ambiente interno, mas também a forma de dispersão e a diluição dos contaminantes no ar. Ambientes com elevada taxa de umidade relativa do ar e temperatura favorecem o desenvolvimento de fungos. Locais com

elevada taxa de ocupação e com circulação do ar insuficiente dificultam a diluição dos contaminantes introduzidos pelos próprios usuários, principalmente quando entre eles encontram-se fumantes. Kwoc (2004) afirma que o conforto térmico é afetado por quatro fatores ambientais: temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa e velocidade do ar.

Os fatores físicos de importância no ambiente interno climatizado de uso comum, conforme estabelecidos pela resolução RE nº 9 (BRASIL, 2003), compreendem: temperatura, umidade, velocidade e taxa de renovação do ar e grau de pureza do ar. A faixa recomendável de operação da temperatura, nas condições internas¹ para verão, é de 23°C a 26°C. A faixa máxima de operação deverá estar entre 26,5°C e 27°C, com exceção das áreas de acesso, que poderão operar até 28°C. Durante o inverno, a faixa recomendável de operação é de 20°C a 22°C.

A resolução RE nº 9 da ANVISA estabelece que a faixa recomendável de operação da umidade relativa do ar, nas condições internas durante o verão, são de 40% a 65%, com exceção das áreas de acesso, que poderão operar com umidade de até 70%. Para condições internas durante o inverno, a faixa recomendável de operação é de 35% a 65% (BRASIL, 2003). A umidade relativa do ar influencia a forma como a água evapora da pele afetando, assim, o balanço de calor no corpo humano. Nos Estados Unidos, a norma nº 55-1994 da ASHRAE (Sociedade Norte-Americana de Engenheiros de Aquecimento e Ventilação) estabelece a faixa aceitável de 20 a 60% de umidade relativa do ar (KWOC, 2004).

A mesma resolução estabelece o Valor Máximo Recomendável (VMR) de operação da velocidade do ar, no nível de 1,5 m do piso, na região de influência da distribuição do ar, de 0,25 m/s (BRASIL, 2003). Kwoc (2004) afirma que em ambientes climatizados a velocidade máxima aceita para o conforto dos usuários pode chegar a 0,5 m/s; valores superiores são aceitos em ambientes ventilados naturalmente. A norma nº 55-1994 da ASHRAE limita a velocidade do ar em 0,15 m/s durante o inverno e 0,25 m/s no verão (KWOC, 2004).

De acordo com a ANVISA, a taxa de renovação do ar adequada em ambientes climatizados será, no mínimo, de 27 m³/hora.pessoa, exceto no caso específico de ambientes com alta rotatividade de pessoas. Nestes casos a taxa de renovação do ar mínima será de

¹ Em ambiente interno de uso comum, com medição realizada em posição central no ambiente e a 1,50m de altura do chão.

17 m³/hora.pessoa (BRASIL, 2003). A portaria n° 3.523, de 28 de agosto de 1998, do Ministério da Saúde, também estabelece o valor de 27 m³/hora.pessoa para ambientes climatizados.

O Centro de Controle de Doenças (CDC) e a Associação Americana de Hospitais (AHA), dos Estados Unidos, recomendam, para salas cirúrgicas, 25 trocas de ar/hora, com 5 trocas de ar externo ou 15 trocas de ar/hora com 100% de ar externo. A entrada de ar deve estar localizada em posição o mais alta possível e o mais distante possível da exaustão do sistema. Além disso, a sala de cirurgia deve ser mantida em pressão positiva em relação aos corredores de acesso (LIMA DE PAULA, 2003).

3.2. Contaminantes físico-químicos do ar interno e efeitos à saúde

3.2.1. Material Particulado (MP)

Também conhecido pelo termo "aerodispersóide", o material particulado em suspensão no ar tem grande influência na qualidade do ar em ambientes internos, bem como externos. Esta categoria de poluentes é constituída de uma mistura física e química de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido ou líquido (gotículas, aerossol, névoas, fumaça, entre outros) que se encontra suspenso na atmosfera devido às suas dimensões diminutas ou temperatura elevada (SÃO PAULO, 2007). As principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros (SÃO PAULO, 2007).

A CETESB classifica os materiais particulados em três categorias (SÃO PAULO, 2007):

- Partículas Totais em Suspensão (PTS): definidas como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor do que 50 µm. Uma parcela dessas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde. Outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade.
- Fumaça (FMC): recebe essa classificação o material particulado suspenso na atmosfera proveniente de processos de combustão, também conhecido como fuligem.
- Partículas Inaláveis (MP10): são definidas como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor do que 10 µm. Esta categoria ainda pode ser subdividida em outras duas: as partículas inaláveis finas, ou MP2,5, que são aquelas com diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5µm, e as

partículas inaláveis grossas, que são aquelas cujo diâmetro está entre 2,5 e 10 μ m. As partículas inaláveis finas podem atingir os alvéolos pulmonares, já as grossas ficam retidas na parte superior do sistema respiratório.

As fontes de MP em um ambiente interno podem ser externas ou internas. As principais fontes em residências são o fumo e o cozimento de alimentos. Embora nos escritórios o fumo ainda seja uma fonte substancial de MP em determinados países, os equipamentos de escritório também são considerados fontes importantes (CARMO e PRADO, 1999; KILDESO *et al.*, 1999).

Os materiais particulados produzidos internamente são, em geral, menores que os externos, e contêm uma quantidade maior de compostos orgânicos devido às características da sua fonte (fogão, cigarro etc.) e à natureza das atividades realizadas dentro do edifício. Essas características fazem dos particulados internos potencialmente mais perigosos à saúde. O material particulado não é nocivo somente à saúde humana, mas é, também, o grande responsável pela deterioração de materiais de precisão e obras de arte (CARMO e PRADO, 1999).

É o tamanho do particulado que vai determinar seu destino, podendo este se depositar em superfícies, ficar suspenso no ar, ser retirados pelo sistema de ventilação ou, ainda, ser inalado pelos ocupantes, acumulando-se nas vias aéreas superiores ou mesmo nos alvéolos (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999) Thatcher e Layton, *apud* Kildeso *et al.* (1999), descobriram que o MP com diâmetro menor de 1 μ m tem pouca probabilidade de entrar em suspensão novamente. Esses autores testaram diversas atividades normalmente realizadas em uma residência e concluíram que as operações de limpeza são responsáveis pela ressuspensão da maior quantidade de MP. A resolução RE n^o9 da ANVISA estabelece o valor máximo permitido para a concentração de material particulado com diâmetro superior a 5 μ m em 80 μ g/m³ (BRASIL, 2003).

3.2.2. Fibra de Amianto

A fibra de amianto é uma categoria especial dos materiais particulados em suspensão. Asbesto e amianto são nomes comerciais de um grupo heterogêneo de minerais silicatos hidratados que ocorrem em várias formas incombustíveis e que podem se separar em filamentos (MARONI *et al.*, 1995 *apud* JONES, 1999; MENDES, 2001). Segundo Brown (2004), são

duas as principais enfermidades associadas ao asbesto disperso no ar: a asbestose e o câncer de pulmão.

Asbestose

Em 1927, Cooke relacionou a exposição à fibra de amianto ao quadro de pneumocomiose aguda, que foi por ele denominada “fibrose pulmonar” e hoje é conhecido como “asbestose” (COOKE, 1927, *apud* MENDES, 2001). Este quadro se caracteriza por uma fibrose difusa intersticial do tecido pulmonar causada por danos inflamatórios na região alveolar, onde o oxigênio é transferido do ar para o sangue.

Câncer de pulmão

A capacidade carcinogênica das diferentes categorias de fibra de amianto tem gerado polêmica no meio acadêmico e na indústria, devido à dificuldade de se comprovar o verdadeiro causador do câncer. Entretanto, estudos apontam para a confirmação do asbesto-crisotila como causador de câncer do pulmão (MENDES, 2001; NIKLINSKI *et al.*, 2004). Segundo Landrigan (1998), *apud* Vallarino (2004), todos os tipos de asbestos são vistos como potencialmente carcinogênicos.

As partículas do poluente que possuem diâmetro menor que 1 μm são as mais perigosas. Acredita-se que o tempo entre a primeira exposição aos asbestos e a manifestação de tumores é de 20 a 50 anos (DOLL e PETO, 1985, *apud* JONES, 1999).

3.2.3. Compostos Orgânicos Voláteis (COV)

O termo COV é definido pela agência de proteção ambiental norte-americana (USEPA) como

qualquer composto que participa de reações fotoquímicas ou que possui reatividade fotoquímica, excluindo-se os seguintes compostos: CO, CO₂, ácido carbônico, carbonetos e carbonatos metálicos, carbonato de amônia, metano, etano, acetona, metil-acetato ... [e inúmeros hidrocarbonetos halogenados e perfluorcarbonos] (TUCKER, 2004).

O sistema de registro de substâncias químicas desta mesma agência possui cadastro de 231 compostos pertencentes a esta classe (USEPA, 2008). Em ambientes internos, os COV têm uma definição menos rigorosa, pois os pesquisadores em qualidade do ar interno (QAI) geralmente consideram como COV aqueles compostos orgânicos que se encontram no estado gasoso ou em vapor que podem ser medidos pelos métodos analíticos aplicados a esta classe (TUCKER, 2004).

Estudos confirmaram que os COV são encontrados em maior número nos ambientes internos do que no ar externo (WANG, ANG e TADE, 2007). Por este motivo, esta é a classe de compostos mais freqüente e mais estudada nos ambientes internos (TUCKER, 2004). Embora exista uma grande variedade de compostos em um dado ambiente, os mais freqüentemente encontrados são: formaldeído, benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno e acetaldeído. Entretanto, estes raramente estão em concentração superior aos seus limites individuais de toxicidade (WHO, 1989; WOLKOFF e NIELSEN, 2001; TUCKER, 2004). Segundo Wang, Ang e Tade (2007), a concentração média de cada COV varia de local para local e, geralmente, está entre 5 e 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em edificações com alguns meses ou anos de uso (não recém-construídas).

Principais Fontes de COV

Uma parcela dos COV encontrados no ambiente interno vem do ar externo, uma vez que a combustão de combustíveis fósseis por veículos automotivos é uma fonte expressiva desses compostos. Os níveis de alguns COV são maiores internamente do que externamente pois, apesar de a entrada de COV a partir do ar externo ser, também, significativa, as fontes internas são mais importantes, principalmente em edifícios novos onde os materiais de construção apresentam taxas mais altas de emissão, que vão diminuindo com o tempo. Fatores como estação do ano, temperatura e umidade relativa alteram as concentrações de COV (BROWN *et al.*, 1994; WANG, ANG e TADE, 2007).

Suas principais fontes em ambientes internos são materiais de construção, acabamento, decoração, mobiliário, combustão, processos metabólicos, e fotocopiadoras. Além de móveis, pisos, colas e tintas, os produtos de limpeza e desinfecção, como desinfetantes, desengordurantes e inseticidas usados no dia-a-dia também são responsáveis por uma parcela dos poluentes químicos, notadamente COV, encontrados no ar interno (WHO, 1989; WOLKOFF e NIELSEN, 2001; TUCKER, 2004). Uma fonte de COV praticamente onipresente em escritórios e residências é a máquina fotocopiadora ou impressora de papel. Segundo Lee *et al.* (2006), são mais de 60 os COV tipicamente liberados durante a operação de uma fotocopiadora.

Existem casos em que a proximidade entre residências e indústrias ou o comércio permite a contaminação do ar interno por compostos emitidos pelas suas atividades. Schreiber, Prohonic e Smead (2004) relatam a detecção de níveis elevados de tetracloroetano, um solvente usado em lavagem a seco, em residências localizadas no mesmo edifício onde existiam lavanderias,

com concentrações chegando a 200.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. O mesmo foi observado com o hexano ($1.030\mu\text{g}/\text{m}^3$) e tolueno ($1.500\mu\text{g}/\text{m}^3$) em residências próximas a uma sapataria.

O formaldeído é o COV mais encontrado em ambientes internos, chegando a ser considerado por certos autores como um dos mais importantes (USEPA, 1995; CARMO e PRADO, 1999; JONES, 1999). Este composto está presente em grande parte das colas de madeira aplicadas em MDF, compensados e aglomerados; é usado como conservante em tintas e cosméticos; faz parte da formulação em estampas de tecidos, vernizes de papel e, ainda, de materiais de isolamento térmico e acústico, como a fibra de vidro (USEPA, 1997a).

Efeitos do COV à saúde humana

Embora as concentrações de cada COV encontrado nos ambientes internos normalmente sejam consideravelmente inferiores a seus limites de tolerância (LT), Molhave (2004) afirma que a maioria dos COV causa algum tipo de reação mesmo em baixa concentração. Em ambientes internos, este autor define que os usuários estão sob ação de baixa exposição de contaminantes e que seus efeitos são geralmente reversíveis e os sintomas não são específicos.

Constata-se que a exposição aos produtos da reação entre COV é mais perigosa do que a exposição isolada a estes. Assim, diversos autores ressaltam que os COV estão diretamente relacionados aos sintomas da SED - síndrome de edifícios doentes (WOLKOFF *et al.*, 1997; JONES, 1999; WOLKOFF e NIELSEN 2001; MOLHAVE, 2004; WANG, ANG e TADE, 2007). Muitos COV são tóxicos e considerados carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos (ALBERICI e JARDIM, 1997, *apud* WANG, ANG e TADE, 2007).

Segundo Maroni *et al.* (1995), *apud* Jones (1999), a maioria dos COV é formada por narcóticos e depressores do sistema nervoso central. São também causadores de irritações nos olhos, nas vias respiratórias e na pele, náuseas, diminuição da capacidade respiratória e reações alérgicas em geral. Exposição a alguns COV, em concentrações muito elevadas, podem alterar as funções neurocomportamentais e, também, levar ao desenvolvimento de câncer (USEPA, 1997b; BURTON, 1997, *apud* JONES, 1999; SCHIRMER, 2004). Podem também ser tóxicos aos rins e ao fígado, danosos aos componentes do sangue e ao sistema cardiovascular e provocar distúrbios gastrointestinais (LESLIE, 2000, *apud* GIODA e AQUINO NETO, 2003).

3.2.4. Compostos Inorgânicos

Dióxido de Carbono (CO₂)

O dióxido de carbono é um metabólico expelido naturalmente como subproduto da respiração humana. Além disso, o CO₂ também é gerado em processos de combustão e em veículos automotores (GIODA, 2003). Este é um gás incolor e inodoro, cuja concentração típica em ambientes internos varia entre 700 e 2.000 ppm.

O CO₂ é um asfixiante, que também pode atuar como irritante no sistema respiratório. Entretanto, é necessária exposição a concentrações extremamente altas (acima de 30.000 ppm) para que ocorram danos significantes à saúde humana. Em concentrações moderadas, o CO₂ pode causar a sensação de desconforto e de que o ambiente está “abafado”. Acima de 30.000 ppm, os efeitos da sua presença são dores de cabeça, tontura e náuseas (JONES, 1999). Notícias veiculadas na mídia dão importância às altas concentrações de CO₂ em escritórios, relacionando-as à redução no nível de concentração no trabalho, dores de cabeça, problemas na visão e uma sensação geral de cansaço (JB ONLINE, 2007).

A resolução RE nº 9, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 2003) recomenda determinados padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Dentre outros parâmetros, o dióxido de carbono tem seu valor máximo de concentração definido nesta resolução em 1000 ppm e é definido como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar.

Monóxido de Carbono (CO)

O CO também é um gás incolor, inodoro e com toxicidade considerável. É formado através da combustão incompleta de materiais que contenham carbono em locais com baixos níveis de oxigênio. A concentração de CO tende a ser maior em edifícios que possuam acesso para veículos, como garagens. Outra fonte de CO é a fumaça de tabaco (CARMO e PRADO, 1999; GOLD, 1992, *apud* JONES, 1999).

Em baixas concentrações, esse poluente produz sintomas não específicos, que podem ser confundidos com os da gripe (USEPA, 1991a; CARMO e PRADO, 1999). A afinidade do CO pela hemoglobina leva à formação de carboxihemoglobina, substituindo o oxigênio e ocasionando uma diminuição de seus níveis no sangue. Sendo assim, seus efeitos mais tóxicos são observados em órgãos como cérebro e coração, que demandam mais oxigênio (ROUGHTON e DARLING, 1994; USEPA, 1991b).

Óxidos de Nitrogênio (NO_x)

O monóxido de nitrogênio (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO₂) são formados em ambientes onde existam condições de alta temperatura e pressão, que podem oxidar parcialmente ou completamente moléculas de nitrogênio atmosférico (N₂) ou do nitrogênio presente na composição dos combustíveis eventualmente utilizados.

A formação do NO é mais provável na queima de combustíveis em motores veiculares, enquanto que a produção de NO₂ está associada ao uso de equipamentos que queimam gás, querosene, madeira, bem como a fumaça de tabaco (LAMBERT, 1997, *apud* JONES 1999). De acordo com Carmo e Prado (1999), o NO₂ é extremamente reativo com superfícies internas, como paredes e mobiliário.

O NO pode interferir no transporte de oxigênio para os tecidos, produzindo efeitos parecidos como os do CO. Pode, ainda, provocar edema pulmonar quando em elevadas concentrações (CARMO e PRADO, 1999). O NO₂ é um agente oxidante que compromete a função pulmonar, podendo causar inflamações respiratórias e, em casos mais graves, enfisema pulmonar (FRAMPTON *et al.*, 1991 *apud* JONES, 1999; USEPA, 1995).

Dióxido de Enxofre (SO₂)

O SO₂ é o formado através da queima de combustíveis fósseis que contenham impurezas ou compostos à base de enxofre. É altamente solúvel em água, formando ácido sulfúrico e sulfuroso. Os efeitos do SO₂ não são restritos somente aos ocupantes do edifício, mas também, aos equipamentos e móveis, pois os compostos formados quando em contato com água são corrosivos (CARMO e PRADO 1999; BURR, 1997, *apud* JONES 1999). As concentrações internas deste composto são usualmente menores do que as externas e a razão ambiente interno/externo encontra-se entre 0,1 e 0,6 (LEADERER *et al.*, 1993, *apud* JONES, 1999).

Sua inalação em doses elevadas causa danos ao sistema respiratório inferior e exposições crônicas podem levar a uma diminuição da função pulmonar (USEPA, 1994; CARMO e PRADO, 1999).

Radônio (²²²Rn)

O radônio é um gás altamente radioativo (possui meia-vida de ~ 3,5 dias) e é produzido pelo decaimento do elemento químico rádio (Ra). Acredita-se que exposições ao radônio causem

câncer de pulmão em seres humanos e, também, leucemia linfoblástica aguda (JONES, 1999; SAMET, 2004).

Este elemento ocorre naturalmente em quase todos os solos e rochas, principalmente aqueles que contêm urânio, em regiões ricas em granito ou xisto, e entra nos edifícios através de rachaduras no concreto das paredes e pisos, de tubulações posicionadas no chão, fendas e aberturas em suas fundações. Materiais de construção também podem liberá-lo (USEPA, 1992; CARMO e PRADO, 1999).

Em ambientes externos, o radônio dificilmente ultrapassa valores que possam pôr em risco a saúde humana. No entanto, em ambientes internos sem ventilação adequada, este pode vir a se tornar um problema, principalmente pela formação de elementos (como Polônio: Po-218 e Po-214) a partir do seu decaimento (COHEN, 1998; WANNER, 1993, *apud* JONES, 1999).

Descobriu-se o papel do radônio como poluente de ambientes internos nos anos 50, mas o conhecimento de suas implicações à saúde só ocorreu nas décadas de 70 e 80, no norte europeu. Sabe-se hoje de sua onipresença em casas por todo o mundo. O principal efeito da exposição ao radônio é o câncer associado à radiação. Nos EUA, a exposição ao radônio causa 21.000 mortes por câncer de pulmão por ano e o risco é mais elevado em crianças e fumantes (USEPA, 2007).

A agência de proteção ambiental americana (USEPA) recomenda a medição dos níveis de radônio em todas as residências, e indica medidas mitigadoras para as residências com níveis acima do limite considerado seguro. Essas medidas, como selamento das fundações, pressurização da residência, despressurização do solo e até a remoção da fonte, podem atuar para evitar a entrada do radônio na residência. Taxas de ventilação apropriada e o uso de técnicas de tratamento do ar interno também contribuem para reduzir a sua concentração no ambiente interno (USEPA, 1992; SAMET, 2004).

Ozônio (O₃)

O ozônio é um composto altamente reativo, gerado facilmente quando o ar passa por um campo eletrostático. Normalmente, a fonte mais importante de ozônio é o ar externo, mas alguns equipamentos eletrônicos também o produzem, como fotocopiadoras e impressoras a laser (GIODA, 2003; UNDERHILL, 2004).

Em ambientes internos, o O₃ reage com hidrocarbonetos insaturados e NO_x (óxidos de nitrogênio), o que acarreta uma diminuição na sua concentração. Porém, há geração de radicais ainda mais reativos, entre eles o radical hidroxila (OH[•]). A formação de ozônio depende de alguns fatores como: velocidade da troca de ar; concentração de reagentes; temperatura; umidade relativa e luz. O ozônio é um agente oxidante que pode causar forte irritação nos pulmões, garganta e olhos (WOLKOFF e NIELSEN, 2001; GIODA, 2003; GIODA e AQUINO NETO, 2003).

3.2.5. Fumaça de Cigarro (ETS - Environmental Tobacco Smoke)

Formada por material particulado, compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis e compostos inorgânicos, a fumaça de cigarro ainda é considerada o principal poluente de ambientes internos. A ETS é um aerossol formado pela mistura complexa de diversas substâncias distribuídas em particulados, vapores e gases, sendo responsável pela emissão de MP, nicotina, HPA (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos), COV, CO, acroleína, NO₂, entre outras. Vários desses compostos já foram usados como elementos traço da ETS (JONES, 1999; SAMET e WANG, 2004).

Mesmo com a proibição do fumo em ambientes internos de uso público e comum em diversos países, a ETS ainda é considerada o principal poluente de ambientes internos, principalmente pela quantidade de pessoas expostas. Em casos extremos, a ETS pode ser a maior fonte de material particulado em ambientes internos. Nos Estados Unidos, o câncer causado por cigarro é a maior causa de morbidade e mortalidade dentre aquelas que podem ser evitadas (CARMO e PRADO, 1999; JONES, 1999; SAMET e WANG, 2004).

A ETS afeta também não fumantes que convivem com fumantes, os chamados fumantes passivos. Em alguns casos, os níveis de exposição a certos compostos são maiores em não fumantes do que em fumantes, como a N-nitrosodimetilamina, um potente cancerígeno que se encontra em concentrações de 20 a 100 vezes maiores para fumantes passivos do que para fumantes ativos (RANDO *et al.*, 1997 e GUERIN *et al.*, 1992, *apud* JONES, 1999).

Efeitos da ETS à saúde

Os efeitos mais imediatos percebidos pela fumaça de cigarro em fumantes passivos são o odor e irritação nos olhos e vias aéreas superiores. Os principais sintomas da exposição à ETS em indivíduos adultos são: rinite, faringite, tosse, dor de cabeça, irritação dos olhos e constrição dos brônquios. Evidências mostram que a ETS tem potencial carcinogênico (JONES, 1999),

apresentando, principalmente, câncer de pulmão, sendo a nicotina a responsável pela elevação desse potencial. A ETS está associada, ainda, à doença arterial coronariana, ou doença cardíaca (EATOUGH *et al.*, 1987, *apud* BRICKUS e AQUINO NETO, 1999; SAMET e WANG, 2004).

3.3. Contaminantes microbiológicos do ar interno e efeitos à saúde

Os bioaerossóis são a microbiota dispersa no ar (fungos, bactérias, algas, vírus, entre outros). Quando presentes no ar interno, esses microorganismos podem causar irritações, alergias, doenças e outros efeitos tóxicos (GRIGOREVSKI-LIMA *et al.*, 2006; LIMA DE PAULA, 2003). O indivíduo é contaminado por via aérea quando o agente microbiano é inalado e retido no trato respiratório em local propício ao seu desenvolvimento. Fatores como a imunidade do indivíduo, a dimensão das partículas, a profundidade da penetração e a dosagem mínima do agente capaz de provocar a doença são fatores ligados à infectividade (ROSA e DE MELO LISBOA, 2005).

Nunes (2005) avaliou a qualidade microbiológica do ar em ambientes internos climatizados. O ambiente hospitalar foi escolhido para a pesquisa qualitativa de microrganismos com o objetivo de isolar espécies do gênero *Aspergillus*, bem como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e enterobactérias.

Segundo Kenny *et al.* (1999), a exposição a microorganismos aéreos ou outros bioaerossóis pode resultar em uma sensibilização respiratória (asma ou aoveolite) e em efeitos toxicológicos no pulmão, como a febre de inalação ou síndrome da poeira orgânica tóxica. Isto pode contribuir para uma debilitação progressiva da saúde.

O principal efeito da inadequada qualidade do ar em ambientes internos ou externos se dá no sistema respiratório humano. Assim, as doenças no sistema respiratório são aquelas de maior importância no estudo da qualidade do ar interno. A seguir são descritos os principais microorganismos de importância para a saúde humana no contexto da qualidade do ar em ambientes internos, bem como os seus efeitos no organismo humano.

3.3.1. Vírus

As infecções virais respiratórias (IVR) são as doenças mais comuns que afetam o homem, sendo uma causa de morbidade elevada, queda da qualidade de vida e de produtividade. Segundo Bertino (2003), ocorrem aproximadamente 500 milhões de episódios de IVR

anualmente nos Estados Unidos, acarretando em 25 bilhões de dólares em custos diretos e indiretos. As IVR mais comuns são: gripe, resfriado, faringite, sinusite, bronquite e otite

A principal fonte de vírus no ambiente interno é o próprio ser humano. Os vírus se propagam pelas correntes de ar, ressuspensão de material particulado ou em gotículas de aerossóis dispersadas pela saliva (LIMA DE PAULA, 2003). Os principais vírus patogênicos de espalhamento através do trato respiratório são descritos a seguir:

Rhinovirus

O Rhinovírus pertence à família *Picornaviridae*. Causador de 50% dos casos de resfriado comum, este é o vírus com maior morbidade dentre os pacientes com doenças respiratórias (MYATT *et al.*, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). Em algumas crianças, é causador de bronquiolite, sendo responsável por um elevado número de internações hospitalares no inverno de acordo com Ségala *et al.* (2008). Estes autores encontraram uma correlação significativa entre a qualidade do ar na cidade de Paris, em termos de SO₂, NO₂ e PM₁₀, e o número de internações por bronquiolite, o que sugere que os poluentes têm um efeito debilitante no organismo, facilitando a replicação do vírus.

Influenzavirus

Causador da gripe comum, o influenza pertence à família viral *Orthomixoviridae* e é subdividido nas estirpes A, B e C. As estirpes A e B são aquelas com maior potencial epidêmico e a estirpe A é a causadora da versão mais grave de gripe. A vacina contra a gripe protege apenas contra o vírus influenza A e B (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005; WEISBERG, 2007).

Vírus Respiratório Sincicial

Da família *Paramixoviridae*, é um dos vírus de manifestação mais comum em lactentes, podendo, ainda causar um tipo de pneumonia potencialmente letal em pessoas mais velhas (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). Infecta o trato respiratório superior e inferior, sendo causador de bronquite e pneumonia em crianças, principalmente menores de 4 anos (SÉGALA *et al.*, 2008).

Adenoviridae

Os vírus da família *Adenoviridae* também são causadores de infecções nas vias aéreas superiores, como otite, faringite, amigdalite (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). Podem

também afetar outros órgãos, causando conjuntivite, gastroenterite, infecção urinária e irritações na pele (CDC, 2005).

3.3.2. Bactérias

São inúmeras as bactérias patogênicas veiculadas através de sistemas centrais de condicionamento de ar e de pessoas no ambiente. A seguir são descritos os principais organismos, onde crescem, e as doenças causadas por cada um deles.

São apresentadas, primeiramente, algumas bactérias gram-negativas e, em seguida, algumas bactérias gram-positivas. Entre outras diferenças, as bactérias gram-positivas possuem uma parede celular mais espessa de peptídeoglicana do que as bactérias gram-negativas. Além disso, as bactérias gram-negativas contêm uma camada de lipopolissacarídeo como parte da sua parede celular (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Bactérias Gram-negativas

Pseudomonas sp.

O gênero das *Pseudomonas* se refere a bacilos retos ou levemente curvos, que apresentam um ou mais flagelos² e que são aeróbios. Especificamente, *P. aeruginosa* está frequentemente associada a infecções respiratórias e do trato urinário, podendo também causar infecções sistêmicas em pessoas imunocomprometidas e com extensas lesões na pele. Esta espécie apresenta uma resistência natural a agentes antimicrobianos, sendo comum em ambientes hospitalares (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004).

Klebsiella pneumoniae

Esta bactéria pode ocasionalmente causar pneumonia. Bactérias do gênero *Klebsiella* são frequentemente encontradas na água e no solo (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004).

Legionella pneumophila

As bactérias do gênero *Legionella*, bacilos gram-negativos aeróbios, causam uma espécie de pneumonia conhecida como legionelose ou “doença dos legionários”. Os principais sintomas são febre alta, dores de cabeça, fraqueza e dores musculares. Outro quadro causado pela *Legionella* é a febre de Pontiac, uma doença febril sistêmica autolimitante, muito rara e com

² Estruturas locomotoras de organismos microscópicos unicelulares.

período de incubação entre 12 e 36 horas. Também foi associada a casos de infecção do sítio cirúrgico (MANGRAM, 1999).

Indivíduos desse gênero habitam córregos e colonizam tipos de hábitat como linhas de água quente, bandejas de condensação e torres de resfriamento em sistemas de ar-condicionado. A habilidade de viver e se reproduzir dentro de amebas aquáticas torna sua erradicação difícil em sistemas de água (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Haemophilus influenzae

Esta bactéria é um bacilo gram-negativo que provoca meningite, infecções do ouvido médio e, mais raramente, pneumonia. Este patógeno oportunista também é responsável, juntamente com *Staphylococcus pneumoniae*, pela sinusite e pela epiglote, uma inflamação da epiglote que pode resultar em morte dentro de poucas horas (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Bactérias Gram-positivas com baixo conteúdo G + C³

Várias espécies deste grupo são de grande importância médica (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). A seguir são descritos três gêneros de bactérias desse filo que podem ser transmitidos por via aérea.

Staphylococcus

Estes microorganismos anaeróbicos facultativos crescem bem sob condições de alta pressão osmótica e baixa umidade, o que explica parcialmente seu crescimento e sobrevivência nas secreções nasais e na pele humana. Essas bactérias produzem várias toxinas que contribuem para sua patogenicidade, sendo responsáveis por infecções comuns em cortes cirúrgicos. *S. aureus* produz a toxina responsável pela síndrome do choque tóxico, uma infecção grave caracterizada por febre alta e vômitos, algumas vezes ocasionando a morte. Esta bactéria também pode causar infecções na pele, como furúnculos e acne, além de pneumonia, meningite e artrite. Sua habilidade de adquirir rapidamente resistência aos antibióticos, como penicilina, representa um perigo para pacientes em ambientes hospitalares (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

³ Índice G + C: Proporção de base GC (guanina-citosina) no DNA.

Streptococcus

Essas bactérias crescem em arranjos de diplococos ou em cadeias de vários indivíduos, apresentam cápsula⁴ e produzem uma reação Gram positiva. Os organismos do gênero *Streptococcus* são um grupo complexo, provavelmente responsáveis por um maior número e diversidade de doenças do que qualquer outro grupo de bactérias. Entre as doenças causadas por *S. pyogenes*, o principal patógeno deste gênero, estão a febre escarlatina, a faringite e a laringite. Outra espécie patogênica de importância na qualidade do ar é *S. pneumoniae*, também causadora de laringite, frequentemente em combinação com vírus, e, provavelmente, a causa mais comum de pneumonia (pneumonia pneumocócica) (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Mycoplasma

Mycoplasma spp. são bactérias aeróbias facultativas, patogênicas em sua maioria. Suas células são muito pequenas, apresentando apenas cerca de 5% do volume celular de um bacilo típico e suas colônias têm menos de 1mm de diâmetro. *Mycoplasma pneumoniae* é o patógeno humano mais significativo entre os micoplasmas. Esta espécie é responsável por uma forma comum de pneumonia branda, ou atípica (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Bactérias Gram-positivas com alto conteúdo G + C: Actinomicetos

Este grupo inclui as bactérias gram-positivas de alto índice G + C, entre eles, os gêneros *Streptomyces*, *Frankia*, *Actinomyces* e *Nocardia*. Muitas espécies apresentam filamentos abundantes e frequentemente ramificados e sua morfologia se assemelha à dos fungos filamentosos, apresentando, no entanto, filamentos formados por células procarióticas com diâmetro muito inferior ao dos fungos (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Grigorevski-Lima *et al.* (2006) descrevem os esporos desses microorganismos como contaminantes importantes do ar interno e externo. Estes mesmo autores coletaram amostras de ar interno usando um amostrador de Andersen de 6 estágios e encontraram actinomicetos em 90% das amostras, nos últimos 3 estágios do amostrador.

⁴ Camada externa à célula, geralmente em material mucilaginoso, que dá maior proteção ao microorganismo.

Actinomyces

Bactérias deste gênero são anaeróbias facultativas, geralmente encontradas na boca e na garganta de seres humanos e de animais. A espécie *Actinomyces israelii* causa a actinomicose, uma doença que afeta, geralmente, a cabeça, pescoço e pulmões (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Nocardia

As espécies do gênero *Nocardia* assemelham-se às espécies do gênero *Actinomyces*, sendo, entretanto, aeróbios obrigatórios. Bactérias deste gênero possuem filamentos de elementos cocóides ou alongados, ocasionalmente produzindo esporos aéreos (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004). Algumas espécies, como a *N. asteroides*, eventualmente causam uma infecção pulmonar de difícil tratamento (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Mycobacterium

A tuberculose pulmonar é uma doença infecciosa de grande importância. Estima-se que um terço da população do mundo seja infectado anualmente por *Mycobacterium tuberculosis* (MTb), uma bactéria fracamente gram-positiva que faz parte do grupo dos actinomicetos (COCHI, 1991 *apud* GWON, SHU e YING, 2004; MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). Entretanto, o número de casos diagnosticados de tuberculose em 2004 foi de 8 milhões (GWON, SHU e YING, 2004).

Os aerossóis contendo células de MTb apresentam-se nas dimensão que variam de 1 a 5 μm e podem se manter suspensos no ar por um longo período de tempo. Estudos mostraram que a tuberculose pulmonar pode ser transmitida de pessoa para pessoa pela inalação de gotículas que contém ao menos duas células do bacilo de MTb. Os ambientes que possuem risco superior de tuberculose são aqueles que possuem pessoas sintomáticas da doença e incluem hospitais, unidades penitenciárias, abrigos para pessoas desabrigadas, centros de reabilitação, e asilos (GWON, SHU e YING, 2004).

Bactérias do gênero *Chlamydia*

Estas bactérias pertencem ao filo de mesmo nome e são parasitas obrigatórias. Há três espécies conhecidas entre as clamídias: *C. psittaci*, que causa a psitacose através do contato por via respiratória com dejetos de aves; *C. trachomatis*, que causa o tracoma (doença oftálmica extremamente contagiosa), conjuntivite de inclusão e outras doenças nos seres

humanos; e *C. pneumoniae*, causador de uma variedade de síndromes respiratórias, como bronquite, pneumonia e sinusite (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005).

3.3.3. Fungos

Os fungos são os indicadores biológicos da qualidade do ar escolhidos pela resolução RE nº 09 da ANVISA (BRASIL, 2003). Esta norma especifica o valor máximo recomendado em 750 ufc/m³ (unidades formadoras de colônia por metro cúbico de ar) de fungos, para amostragem ativa. Além disso, a mesma resolução também define uma relação I/E < 1,5, onde “I” é a quantidade de fungos no ambiente interior e “E” é a quantidade de fungos no ambiente exterior. Esta resolução não especifica, entretanto, se deve ser feita a contagem de todos os fungos ou somente dos fungos filamentosos.

Quase todos os fungos filamentosos são aeróbicos, enquanto a maioria das leveduras é anaeróbica facultativa. Segundo Tortora, Funke e Case (2005), a incidência de infecções importantes causadas por fungos tem aumentado nas últimas décadas. Essas infecções têm ocorrido na forma de infecções hospitalares e em indivíduos com sistema imunológico comprometido (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004).

Burge (2004) afirma que “os fungos estão entre os poluentes do ar interno mais importantes e menos compreendidos” (tradução do autor deste trabalho), sendo praticamente onipresentes nos ambientes urbanos. Falvey e Streifel (2007) monitoraram os fungos do gênero *Aspergillus* em um hospital universitário durante 10 anos, e afirmaram ser “impossível, sem a aplicação de medidas pouco práticas, manter um ambiente interno completamente desprovido de *Aspergillus* spp.” (tradução do autor deste trabalho). Diversas espécies deste gênero também foram isoladas e identificadas por Nunes (2005) em um hospital do Rio de Janeiro.

Qualquer infecção de origem fúngica é chamada de micose e é, geralmente, de longa duração (crônica). Esta pode ser: superficial, cutânea, subcutânea ou sistêmica (BURTON e ENGELKIRK, 2005). As micoses oportunistas são aquelas em que um patógeno geralmente inofensivo em seu hábitat normal torna-se patogênico em um hospedeiro que se encontra debilitado ou traumatizado (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). Alguns exemplos de fungos oportunistas são citados a seguir:

Candida albicans é o fungo mais freqüentemente isolado de amostras clínicas de seres humanos (BURTON e ENGELKIRK, 2005). Entretanto, *Pneumocystis* spp. é o gênero responsável pelas infecções mais freqüente em pacientes com AIDS (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). *Stachybotrys chartarum* pode causar hemorragia pulmonar fatal em lactentes, e espécies dos gêneros *Rhizopus* e *Mucor*, que geralmente afetam pacientes com diabete melito, leucemia, ou sob tratamento com drogas imunossupressoras, podem causar zigomicose ou mucormicose, respectivamente (BROOKS *et al.*, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Infecções oportunistas causadas por espécies de *Cryptococcus* e *Penicillium* podem ser fatais para pacientes com AIDS (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). *Candida albicans* é uma levedura que apresenta obrigatoriamente uma fase filamentosa. Esta espécie é capaz de causar infecções vaginais, orais ou pulmonares e, em pacientes com AIDS, danos teciduais sistêmicos (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005).

A seguir são citados alguns exemplos de doenças fúngicas do sistema respiratório inferior (BROOKS *et al.*, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005):

Aspergilose: Infecção pulmonar e/ou sistêmica, causada por espécies do gênero *Aspergillus*, que ocorre em indivíduos que estão debilitados devido a doenças nos pulmões ou ao câncer.

Coccidioidomicose ou reumatismo do deserto: É uma doença pulmonar causada por um fungo dimórfico, *Coccidioides immitis*, que apresenta morfologia leveduriforme nos tecidos humanos e miceliana quando cresce no solo ou em meio de cultura.

Histoplasmose: Esta doença lembra superficialmente a tuberculose, mas é causado por *Histoplasma capsulatum*, outro fungo dimórfico.

Pneumocistose ou pneumonia por *Pneumocystis*: Causada pelo *Pneumocystis jiroveci*, uma levedura presente nos pulmões de pessoas saudáveis que pode causar pneumonia em indivíduos imunocomprometidos ou crianças mal-nutridas.

3.3.4. Alergênicos Biológicos e hipersensibilidade

A alergia é uma resposta exagerada do sistema imunológico a uma substância estranha ao organismo, uma hipersensibilidade imunológica a um estímulo externo específico. O termo

hipersensibilidade refere-se a uma resposta antigênica mais intensa do que aquela considerada normal, e é considerada sinônimo de alergia (BROOKS *et al.*, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Há quatro tipos de reações de hipersensibilidade, dos quais o tipo I (anafilática) é considerado o principal no contexto da qualidade do ar. Esse tipo de alergia inclui condições alérgicas comuns e a asma. A importância dos alergênicos está no fato de grande parte da população sofrer de alguma doença alérgica. Ácaros, pólen, pêlos e poeira de origem biológica são os principais alergênicos encontrados em ambientes internos, onde os animais domésticos e as baratas constituem as principais fontes (IEH, 1996 e KUSTER, 1996, *apud* JONES, 1999).

A asma é uma reação alérgica que afeta principalmente o sistema respiratório inferior. Por razões desconhecidas, a asma está se tornando quase uma epidemia, afetando cerca de 10% das crianças nas sociedades ocidentais, mas que tende a diminuir à medida que elas crescem. Especula-se que a falta de exposição à infecção seja uma das causas da asma em países desenvolvidos, mas o estresse mental ou emocional também pode ser um fator contribuinte.

3.4. Odores

A sensação de odor é uma resposta sensorial à presença de um composto ou uma mistura de compostos odorantes no ar. O odor ambiental no local de trabalho e convívio pode ser uma causa da irritação psicológica e distração no trabalho. Em altas concentrações, também pode causar náuseas, dores de cabeça e alergias.

Os odores são uma causa freqüente de incômodo em ambientes internos. A capacidade olfativa humana é geralmente superior ao limite de detecção de instrumentos analíticos na detecção individual dos compostos, pois percebemos alguns compostos em concentrações na ordem de algumas partes por trilhão (ppt) em volume, enquanto as técnicas analíticas mais avançadas possuem o limite de detecção na ordem de 0,1 ppb (parte por bilhão). Outro fator importante é que o nariz humano detecta os odores unicamente em uma mistura de compostos (ou buquê odorante) e a maioria dos métodos analíticos clássicos (como a cromatografia gasosa ou líquida) quantificam compostos separadamente (DUFFEE e O'BRIEN, 2004).

Os odores são formados principalmente pela presença de compostos orgânicos e inorgânicos voláteis no ar, que são captados pela mucosa olfativa do homem e reconhecidos sensorialmente pelo cérebro humano como odorantes (BELLI FILHO e DE MELO LISBOA,

1998). Em ambientes hospitalares, odores podem ser gerados diretamente de infecções nos pacientes, em muitos casos sendo independente do seu estado de higiene.

Os odores em ambientes internos raramente são fortes o suficiente para permitir o uso de olfatométrica de diluição dinâmica para medir a sua concentração (DUFFEE e O'BRIEN, 2004). Entretanto, técnicas olfatométricas complementares permitem determinar a magnitude o impacto odorante em termos de intensidade, caráter (ou tipo de odor) e hedonicidade (agradabilidade). Estas técnicas poderiam vir a ser utilizadas para avaliação de odores em ambientes internos.

3.5. Infecção hospitalar (IH)

A Organização Panamericana da Saúde define a infecção hospitalar (ou nosocomial) da seguinte forma:

Infecção hospitalar é toda infecção adquirida durante a internação hospitalar e geralmente provocada pela própria flora bacteriana humana, que se desequilibra com os mecanismos de defesa anti-infecciosa em decorrência da doença, dos procedimentos invasivos (soros, cateteres e cirurgias) e do contato com a flora hospitalar (OPAS, 2000).

A infecção hospitalar é o agravo de causa infecciosa adquirido pelo paciente após sua admissão em hospital ou unidade de saúde e deve ser secundária à condição de saúde original do paciente. Pode se manifestar durante a internação ou após a alta, desde que relacionada à internação ou a procedimentos hospitalares (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005; ANDRADE, 2006) .

O Centro de Controle e Prevenção de Doenças nos EUA (CDC, 2008) estima que, somente no território norte-americano, a infecção hospitalar é responsável por 1,7 milhões de infecções e 99 mil mortes por ano. Dessas infecções, estima-se que 15% sejam na forma de pneumonia.

Embora esforços sejam feitos para impedir o crescimento de microorganismos em hospitais, esse tipo de ambiente é um importante reservatório para uma variedade de patógenos. A infecção hospitalar resulta da interação de vários fatores: (1) os microorganismos no ambiente hospitalar, (2) o estado comprometido (ou enfraquecido) do hospedeiro, e (3) a cadeia de transmissão no hospital (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005; CALIL, 2006).

Bactérias como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus* spp. se apresentam como as principais responsáveis por infecções hospitalares desde as décadas de 40

e 50 (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). O hospedeiro comprometido é aquele cuja resistência à infecção está reduzida pela doença ou terapia e duas condições importantes podem comprometê-lo: a ruptura da pele ou membranas mucosas e o sistema imunológico suprimido. Exemplos de hospedeiros susceptíveis são pacientes imunossuprimidos como recém-nascidos, pacientes em quimioterapia, ou submetidos a transplantes de órgãos (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005; CALIL, 2006).

As principais vias de transmissão das infecções são o contato direto com a equipe hospitalar, de um paciente a outro, através de fômites⁵ e do sistema de ventilação do hospital. Esta última é a via de principal importância neste trabalho. A contaminação pelo ar pode ocorrer através da geração de gotículas (tosse, espirro, aspiração de secreções, procedimentos como broncoscopia e mesmo pela conversação habitual) ou por transmissão aérea por partículas dispersas no ar. Calil (2006) e Gorbach, Barlett e Blacklow (2003) afirmam que a transmissão por gotículas ocorre em uma distância máxima de um metro e a transmissão aérea ocorre quando as partículas possuem menos de 5µm de diâmetro (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005; CALIL, 2006).

Os principais tipos de infecção hospitalar são: infecção do trato urinário, infecção do sítio cirúrgico, bacteremia⁶, infecção do trato respiratório superior e infecção cutânea (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

3.5.1. Particularidades de UTI

Os pacientes de unidades de terapia intensiva (UTI) apresentam maior risco de adquirir infecção hospitalar devido aos seguintes fatores: severidade da doença de base, muitas vezes ocasionando deficiência da imunidade humoral⁷, celular e/ou inespecífica; procedimentos invasivos a que são submetidos, antes e após admissão em UTI, como cateteres venosos centrais, cateterismo vesical e ventilação mecânica, com quebra das barreiras naturais de defesa; tempo de internação prolongado; uso de antibioticoterapia de amplo espectro; alta densidade populacional e alta relação paciente-enfermeiro (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; ABRAMCZYK e RICHMANN, 2006).

⁵ Fômite: Objeto inanimado potencialmente contaminado por organismos contagiantes ou infecciosos (como luvas, sapatos, roupas, ferramentas e utensílios).

⁶ Infecção bacteriana na corrente sanguínea.

⁷ Imunidade Humoral: aquela onde a resposta imunológica se dá por anticorpos produzidos pelos linfócitos B do sangue.

Gorbach, Barlett e Blacklow (2003) afirmam que pacientes em ventilação mecânica contínua apresentam um risco até 21 vezes maior de desenvolver pneumonia do que pacientes sem suporte para respiração, o que coloca muitos pacientes de UTI no grupo de risco de IH.

3.5.2. Particularidades do ambiente neonatal

De acordo com o CDC (2004), *apud* Calil, Rola e Richmann (2006), todas as infecções no período neonatal são consideradas IH, com exceção das transmitidas via transplacentária. Dentro deste conceito, são consideradas IH de origem materna as infecções cujas manifestações clínicas ocorram até 48 horas de vida e IH de adquiridas na unidade neonatal aquelas com manifestação após este período.

As infecções hospitalares em neonatologia são mais comuns nas UTI neonatais (UTN), podendo também ocorrer em unidades de tratamento intermediário e alojamento conjunto (CALIL, ROLA e RICHMANN, 2006). As taxas de IH em UTI pediátrica variam de 3 a 27%. Estudos demonstram que até 9% dos pacientes menores de 1 ano contraem IH, comparados a 1 a 4 % dos pacientes maiores de 10 anos (MACHADO, 2006).

Do ponto de vista topográfico, a IH mais comum nas UTN é a infecção primária da corrente sanguínea (bacteremia), seguida pelas pneumonias, infecções gastrointestinais e nas vias aéreas superiores e infecções tegumentares (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; CALIL, ROLA e RICHMANN, 2006). Machado (2006) afirma que a pneumonia e as infecções da corrente sanguínea constituem as IH mais graves em pediatria, diferentemente do que ocorre em UTI de pacientes adultos, em que a infecção do trato urinário é o principal sítio de infecção observado (ABRAMCZYK, 2006).

A maioria das infecções é de origem bacteriana. Infecções virais, apesar de apresentarem importância, são menos frequentes em pacientes pediátricos internados em enfermarias, possivelmente devido à maior restrição de visitantes e do fluxo local, à presença de equipamentos individuais e à ausência de contato criança-criança. Infecções por leveduras apresentam importância crescente, representando 14% a 24% dos agentes identificados, principalmente em infecções da corrente sanguínea (ABRAMCZYK, 2006).

Dentre os fatores de risco para IH inerentes ao recém-nascido (RN), Calil, Rola e Richmann (2006) destacam o peso ao nascimento (relação inversa de peso X risco de IH) e a defesa imunológica diminuída, pois quanto mais prematuro, menor é a imunidade humoral e celular do RN.

3.5.3. Infecção de sítio cirúrgico (ISC)

A infecção de sítio cirúrgico é um caso específico de infecção hospitalar causada pela exposição do paciente no momento da cirurgia. Estas ocorrem até o 30º dia de pós-operatório ou até um ano, na presença de prótese (MACHADO, 2006). A infecção adquirida em centro cirúrgico tem sido apontada como uma das principais causas de complicações pós-operatórias, levando a um aumento médio de 60% no período de internação. A ISC é uma complicação relevante, por contribuir para o aumento da mortalidade e morbidade dos pacientes pós-cirúrgicos (OLIVEIRA e CIOSEK, 2007).

A principal causa da ISC é a contaminação bacteriológica por via aérea (MANGRAM *et al.*, 1999; RUI, GUANGBEI e JIHONG, 2008). Entretanto, Machado (2006) afirma que o ar das salas de cirurgia, antigamente muito valorizado, é considerado hoje um fator de menor importância na contaminação do campo operatório.

Oliveira e Ciosek (2007) realizaram um estudo em 357 pacientes sujeitos a cirurgias do aparelho digestivo (CAD), no estado de São Paulo, e observaram 64 casos de ISC (18% dos pacientes). Estes dados corroboram a afirmação de Tortora, Funke e Case (2005), que indicam a ISC como segunda forma mais incidente de IH (cerca de 17%).

Os principais microorganismos responsáveis pelas ISC são: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus* coagulase negativa, enterobactérias como *Klebsiella* spp., *Escherichia coli* e *Enterobacter* spp., microorganismos não fermentadores, como *Acinetobacter* spp., *Pseudomonas* spp. Entre fungos, espécies de *Candida* são mais frequentes e infecções por *Rhizopus* sp. já foram documentadas (TABLAN *et al.*, 2003; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

3.6. Síndrome do edifício doente (SED)

Síndrome do edifício doente é um termo que começou a ser usado na década de 70, com a introdução dos edifícios climatizados selados ao ar externo e com as primeiras reclamações dos seus usuários quanto à qualidade do ar interno. A síndrome do edifício doente é uma condição onde existe um conjunto inespecífico de sintomas cronologicamente relacionado à qualidade do ar em uma edificação não-industrial. Esses sintomas afetam um percentual de ocupantes do edifício durante o tempo de ocupação e tendem a diminuir ou desaparecer quando essas pessoas deixam de ocupar o local (USEPA, 1994 e 1995; BRIGHTMAN e MOSS, 2004; COHEN, 2004; MOLHAVE, 2004; PERDRIX *et al.*, 2005).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a “síndrome do edifício doente” (SED) descreve uma condição médica em que os ocupantes de um determinado edifício sofrem de sintomas de doenças ou se sentem mal sem haver um motivo aparente para isto. Os sintomas tendem a se tornar mais fortes enquanto a pessoa está dentro do edifício e tendem a diminuir e até desaparecer quando esta pessoa está longe deste ambiente. A SED resulta numa diminuição substancial do desempenho no trabalho e nas relações interpessoais, além de uma perda considerável de produtividade (COHEN, 2004).

Estes efeitos à saúde são freqüentemente medidos de forma subjetiva e são difíceis de se quantificar clinicamente. Pedrix *et al.* (2005) citam os seguintes sintomas como os mais facilmente ligados à SED: rinite, congestionamento nasal, garganta seca, lacrimejar, irritação ou ressecamento ocular, irritação na pele, eritema, sonolência e cefaléia. Este mesmo autor cita, ainda, que mulheres apresentam uma susceptibilidade maior à SED.

Segundo Lima de Paula (2003), as causas da SED podem ser explicadas por um conjunto de fatores, dentre eles a insuficiência do ar exterior, má distribuição do ar, controle deficiente de temperatura, projeto inadequado, modificações inadequadas após construção e manutenção inadequada do sistema de climatização. Admite-se que os principais fatores relacionados à SED sejam: aerodispersóides (poeira, fibras); bioaerossóis (fungos, bactérias, vírus); contaminantes químicos (COV, formaldeído); contaminantes gerados pelo metabolismo humano; fumaça de cigarro, entre outros (HOPPE, 1999, *apud* GIODA e AQUINO NETO, 2003; PEDRIX *et al.*, 2005).

Assim, não somente é difícil se caracterizar a SED em uma determinada edificação mas, também, se identificar a sua principal causa o que permitiria dar solução ao problema. Diversos autores citam a realização de enquetes com os usuários da edificação como uma maneira eficaz de se identificar a SED (GIODA, 2003; CARTAXO, 2007; GUPTA, KHARE e GOYAL, 2007). Nesta enquete são feitas perguntas sobre a saúde e estado mental dos usuários e pergunta-se se estes sintomas tendem a diminuir ou desaparecer quando os usuários se ausentam da edificação.

A presença de sintomas similares entre os ocupantes do prédio é crucial na detecção da SED (REDLICH, SPARER e CULLEN, 1997). Entretanto, a SED é confirmada apenas se a presença desses sintomas ocorre em um número de pessoas significativamente superior ao que é considerado normal em condições saudáveis do edifício (HESS-KOSA, 2002). Lima de

Paula (2003) considera um caso positivo de SED em uma edificação se 20% dos ocupantes apresentarem queixas. A figura a seguir mostra as principais fontes de reclamação em relação à QAI (Figura 1).

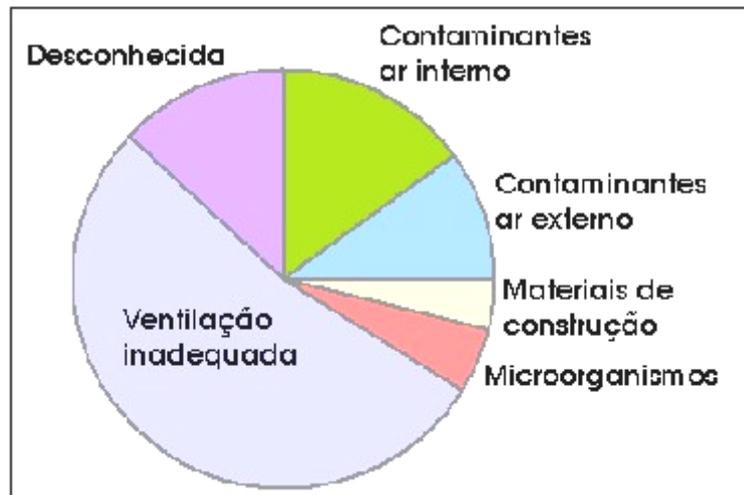


Figura 1: Principais fontes de reclamação na qualidade do ar interno (HESS-KOSA, 2002).

3.6.1. Doença relacionada ao edifício

Em contraposição à doença do edifício doente, a doença relacionada ao edifício relaciona os sintomas observados com um poluente específico de uma fonte específica dentro de uma edificação que causa uma doença ou efeitos discretos à saúde humana (USEPA, 1995; PERDRIX *et al.*, 2005).

3.6.2. Intolerância química múltipla

Em casos de síndrome do edifício doente, pode acontecer que alguns ocupantes, com o passar do tempo, apresentem uma sensibilidade extrema a determinados componentes da edificação, como, por exemplo, um novo carpete ou ainda o odor de tinta ou produto de limpeza. Segundo Miller e Ashford (2004), essas pessoas sofrem de uma condição enigmática chamada de sensibilidade química múltipla ou intolerância química múltipla⁸.

A exposição repetida a baixas concentrações de substâncias químicas presentes no ar interno pode levar a este quadro, onde o indivíduo afetado passa a reagir a concentrações cada vez mais baixas de poluentes (COHEN, 2004)

⁸ Alguns médicos alergistas preferem usar o termo “intolerância” à “sensibilidade” neste caso, para que esta condição médica não seja erroneamente entendida como um tipo de alergia (MILLER e ASHFORD, 2004).

Os sintomas desta condição variam muito de pessoa para pessoa e incluem: dores de cabeça, fadiga, dores musculares, dificuldades de concentração, falhas na memória, diversos problemas de pele, dificuldades respiratórias, e uma variedade de problemas gastrointestinais. Estes sintomas são causados pela exposição a baixos níveis de poluentes químicos, além de alimentos e bebidas. Se estes contaminantes causam tais sintomas apenas em pessoas pré-dispostas ou se a exposição prolongada causaria a própria doença, resta a determinar (MILLER e ASHFORD, 2004).

3.7. Amostragem de ar interno

A amostragem de ar interno deve ser planejada com antecedência para que alguns aspectos sejam considerados, como a presença de sintomas de intoxicações nos ocupantes da edificação, a localização da edificação, o tipo de ventilação interna, a umidade relativa do ar, a idade da edificação, existência de informações sobre estudos realizados anteriormente e a identidade dos contaminantes encontrados (PATNAIK, 1997). Assim, é possível antecipar a natureza da principal forma de contaminação do ambiente, físico-química ou biológica, e proceder aos métodos apropriados de amostragem e análise.

O local de amostragem também deve ser escolhido com antecedência e planejamento. Segundo Hess-Kosa (2002), o investigador da QAI deve determinar o motivo da avaliação da qualidade do ar e, a partir daí, determinar os locais de amostragem. Esses locais podem se enquadrar em uma ou mais das seguintes categorias: (1) local onde se percebe o pior caso de QAI; (2) áreas com maior representatividade em tamanho ou ocupação; (3) locais de preocupação especial (ex: creches e berçários).

3.7.1. Amostragem de material particulado (MP)

A amostragem de material particulado pode ser usada para posterior análise química ou biológica dos poluentes presentes neste material. A avaliação da concentração de MP pode ser feita através de método óptico (como um turbidímetro) ou método gravimétrico. No método gravimétrico, uma membrana filtrante é essencial, com abertura de malha apropriada ao tamanho de partícula a ser avaliada. O método consiste em fazer passar pela membrana, ou conjuntos de membranas, um volume conhecido de ar, pesando-se as membranas em balança de precisão antes e após amostragem. O resultado desta análise é expresso em unidade de massa por unidade de volume de ar (ex: $\mu\text{g}/\text{m}^3$) da fração de material particulado retido nas membranas (PATNAIK, 1997; SÃO PAULO, 2001; NAGDA e RECTOR, 2004).

3.7.2. Amostragem de compostos para análise físico-química

A amostragem de ar para análises físico-químicas pode ser feita de duas formas: (1) isolando-se uma parcela do ar local e levando ao laboratório ou (2) adsorvendo-se ou solubilizando-se os compostos de interesse em meio sólido ou líquido (PATNAIK, 1997; NAGDA e RECTOR, 2004). No primeiro método, esse isolamento pode ser feito em um canister de aço inoxidável, garrafa de vidro ou um saco de plástico como o PVF (fluoreto de polivinila), conhecido como Tedlar[®]. No segundo método, é comum a adsorção em carvão ativado ou polímero sintético como meios sólidos, ou absorção através de borbulhamento do ar em uma solução líquida.

Na técnica da absorção, o pH da solução deve ser ajustado para permitir maior afinidade entre o adsorvente e o adsorvido. Este método pode ser usado para amostragem de diversos compostos solúveis em água, tanto orgânicos como inorgânicos (PATNAIK, 1997). No caso da adsorção, busca-se um adsorvente que tenha afinidade química com os compostos a capturar em termos de polaridade (NAGDA e RECTOR, 2004).

Tubos de vidro ou de aço inox preenchidos com material adsorvente são comumente usados para amostragem de compostos orgânicos voláteis, COV (TUCKER, 2004). A amostragem por adsorção em conjunto com a análise por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas é uma técnica muito recomendada para pesquisas em poluição atmosférica (MIRANDA, 2007).

O carvão ativado é uma das substâncias mais usadas para este propósito, embora outras substâncias como o Tenax[®] ou outros materiais poliméricos porosos sejam, também, utilizados. A sílica gel é usada comumente para adsorção de compostos polares como álcoois (PATNAIK, 1997; NAGDA e RECTOR, 2004; TUCKER, 2004).

3.7.3. Amostragem de microorganismos

Considera-se que os microorganismos dispersos no ar (geralmente esporos de fungos e bactérias) encontram-se agregados ao material particulado em suspensão. Assim, a amostragem de microorganismos envolve, necessariamente, a captura desse material particulado do ar. A amostragem pode ser feita utilizando-se uma das seguintes técnicas: amostragem global de bioaerossóis (viáveis e não-viáveis⁹) ou a coleta de organismos viáveis. Quanto à amostragem de bioaerossóis viáveis, esta pode ser feita através da impactação sobre

⁹ Organismos viáveis são aqueles capazes de se reproduzir e formar colônias no meio de cultura escolhido.

meio de cultura (líquido ou sólido), caracterizando uma amostragem ativa; ou através da sedimentação sobre meio de cultura sólido, caracterizando-se como amostragem passiva.

Impactador de fenda ou orifício

Para a amostragem de organismos viáveis ou não-viáveis, pode-se utilizar o impactador de fenda ou orifício (MAY, 1945). Nele, a amostra de ar passa por uma fenda do tipo Venturi, ou orifício, que direciona o jato de ar sobre uma lâmina de vidro auto-adesiva (Figura 2). Essa lâmina é então levada diretamente ao microscópio, procedendo-se à contagem dos esporos presentes no momento da amostragem, sem considerar a viabilidade destes (PORTNOY, FLAPPAN e BARNES, 2001). Podem-se acoplar diversos amostradores em série, criando diferentes estágios, sendo chamado, neste caso, de “impactador de cascata”. Assim, o material particulado de diâmetro maior fica retido nos primeiros estágios e os estágios posteriores contêm material cada vez mais fino (MAY, 1945).

As principais vantagens deste método são a rapidez de análise e o custo reduzido (PORTNOY, FLAPPAN e BARNES, 2001). As principais desvantagens são a possível dificuldade de se observarem as estruturas dos microorganismos em meio ao material particulado e outros poluentes, como pedaços de insetos e pólen, e a impossibilidade de identificar os organismos, já que este método é apenas quantitativo (NAGDA e RECTOR, 2004).

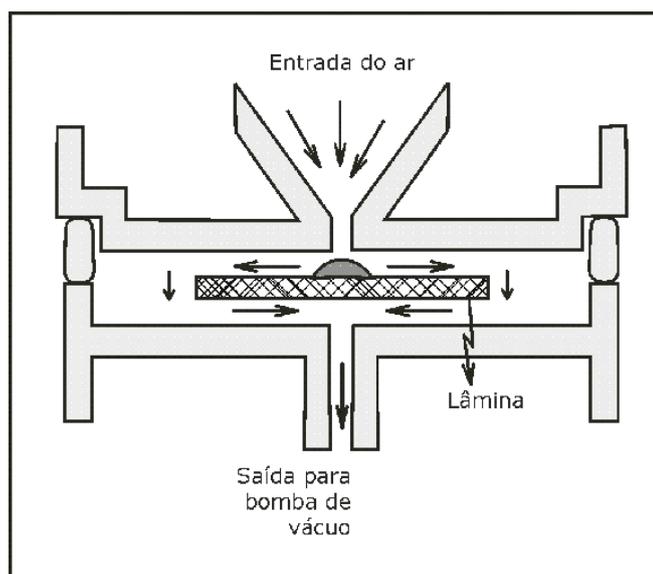


Figura 2: Esquema ilustrativo do impactador de fenda ou orifício

Este mesmo esquema pode ser usado para amostragem de organismos viáveis, acoplando-se uma placa de Petri com meio de cultura sob a fenda, ao invés de uma lâmina, e incubando-se

este material para observar o aparecimento de colônias e, determinar o número unidades formadoras de colônias (UFC).

Impactador de Andersen

A amostragem ativa usando o impactador de Andersen é a metodologia recomendada pela resolução RE nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003). A taxa de vazão recomendada pela mesma resolução é de 25 a 35 l/min, e o tempo de amostragem é de 5 a 15 minutos, para que o volume amostrado seja de 140 a 500 litros de ar.

Na amostragem de organismos viáveis, utiliza-se geralmente o impactador de Andersen (NAGDA e RECTOR, 2004). Neste, um volume de ar passa por uma chapa metálica com 400 orifícios sobre uma placa de Petri com meio de cultura, o que permite o crescimento de culturas de microorganismos a partir dos propágulos que se fixarem ao meio (ANDERSEN, 1958). Assim, avaliam-se somente os organismos viáveis, aqueles capazes de se reproduzir e formar colônias. Neste método, também é possível acoplar diversos estágios de amostradores de forma a coletar material em diferentes faixas de diâmetros, funcionando como um amostrador de cascata. Diz-se que este método permite simular os diferentes estágios do sistema respiratório humano (ANDERSEN, 1958). Segundo Nagda e Rector (2004), o impactador de fenda é uma variação deste equipamento, embora seja pouco conhecido e menos aceito que o amostrador de Andersen. A Figura 3 mostra um esquema ilustrativo do funcionamento do amostrador de Andersen.

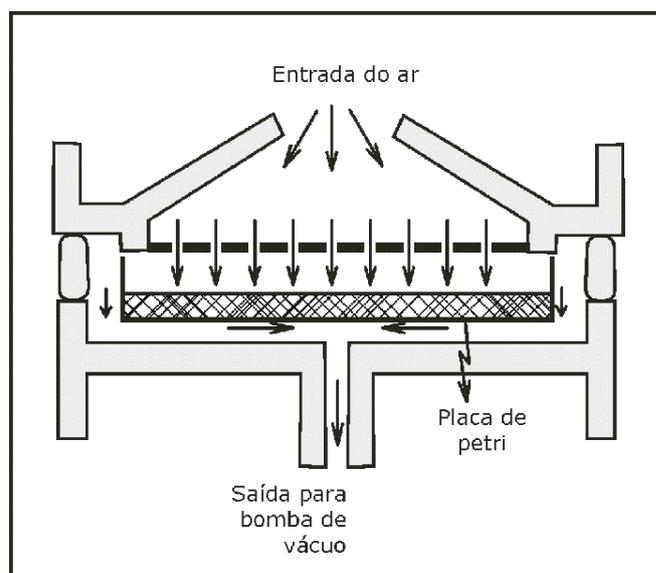


Figura 3: Esquema ilustrativo do amostrador de Andersen

Uma desvantagem deste método consiste na perturbação ao fluxo natural do ar, que é geralmente laminar, causada pela sucção deste pelo amostrador ativo, que cria regiões de turbulência nas suas imediações. Entretanto, todas as normas oficiais sobre o controle microbiológico do ar são baseadas na contagem de UFC/m³. Apesar de não se especificar o tipo de amostrador a ser usado, o único método de amostragem que relaciona o seu resultado à uma concentração volumétrica é o ativo (PASQUARELLA, PITZURRA e SAVINO, 2000).

Certos autores citam, ainda, como desvantagens dos métodos de impactação para amostragem de microorganismos viáveis, o tempo requerido para o crescimento das colônias e a possível ocorrência de sobreposição destas, o que resulta na subestimação do número de microorganismos na amostra (PORTNOY, FLAPPAN e BARNES, 2001; NAGDA e RECTOR, 2004).

Entretanto, o método de contagem em placa é considerado a técnica mais utilizada para determinar o tamanho de uma população bacteriana ou fúngica. A grande vantagem deste método é que as células viáveis são quantificadas (TORTORA, FUNKE E CASE, 2005). Neste método, considera-se que cada colônia foi gerada a partir de um organismo individual ou conjunto de organismos, definidos como unidade formadora de colônias (UFC). Além disso, essa metodologia permite o posterior isolamento dos microorganismos para sua identificação.

Amostrador do tipo Impinger

Neste tipo de amostragem, o ar é impactado sobre uma superfície líquida, que pode ser composta por uma solução estéril de água, óleo mineral ou glicerol (NAGDA e RECTOR, 2004). Depois, o líquido é diluído e distribuído sobre placas de Petri com meio de cultura adequado (método da semeadura) e incubado para o desenvolvimento das colônias e contagem das mesmas em placa.

A principal vantagem deste método é a possibilidade de se homogeneizar a amostra antes de se distribuir em placas, possibilitando uma melhor contagem dos indivíduos. Uma desvantagem deste método reside na dificuldade de se coletar amostras consecutivas, necessitando, para cada uma delas, um novo recipiente com solução líquida, o que o torna pouco prático para uso em campo.

Amostragem por sedimentação

Esta se dá através da simples exposição de placas de Petri, para a coleta de microorganismos viáveis que sedimentam sobre a mesma (amostragem passiva). Os resultados não podem ser expressos na forma de concentração, pois não há medição de fluxo de ar. Além disso, Nagda e Rector (2004) citam como principal desvantagem a grande variabilidade dos resultados, já que mesmo pequenas alterações no fluxo de ar no entorno das placas podem interferir na sedimentação das partículas. É possível que partículas de diâmetro inferior a 5µm, por exemplo, não sedimentem nas placas, embora sejam inaladas pelo homem, o que inviabiliza o emprego desse método para avaliar o risco de contaminação do sistema respiratório humano (NAGDA e RECTOR, 2004). Pasquarella, Pitzurra e Savino (2000) defendem o uso da amostragem passiva por sedimentação para avaliação de salas de cirurgia, afirmando que a placa de Petri simula a exposição do corte cirúrgico à sedimentação de microorganismos. MONTACUTELLI *et al.* (2000) também obtiveram bons resultados para a amostragem passiva.

3.8. Os sistemas de climatização

Segundo a portaria nº 3523 do Ministério da Saúde (BRASIL, 1998), o conceito de climatização é definido como:

O conjunto de processos empregados para se obter por meio de equipamentos em recintos fechados, condições específicas de conforto e boa qualidade do ar, adequadas ao bem-estar dos ocupantes.

Microorganismos podem se alojar e desenvolver nos dutos do sistema de ar condicionado, e em locais como: reservatórios com água estagnada, torres de resfriamento, bandejas de condensado, desumidificadores, umidificadores, serpentinas. Como os sistemas funcionam em pressão positiva, esses microorganismos podem ser insuflados no ambiente interno (LIMA DE PAULA, 2003).

Em geral, três tipos de sistemas de ar condicionado podem ser encontrados em relação ao tipo de tratamento dado ao ar:

- Ar condicionado comum, sem filtros de alta eficiência ou controle de trocas de ar;

- Sistema central com plenum (do inglês *conventional plenum mixing*), com filtros HEPA¹⁰, realizando 16 a 20 trocas de ar/hora, com pressão positiva de entrada de ar, regulação de temperatura e umidade. Nesse sistema, a contagem de bactérias geralmente se encontra entre 50 e 150 UFC/m³, podendo ser maior dependendo do número de pessoas e a atividade realizada no ambiente (Lacerda *et al.*, 2003 *apud* LIMA DE PAULA, 2003).
- Ar ultra limpo ou fluxo laminar, que re-circula volumes excessivos de ar estéril através de filtros HEPA, promovendo 400 a 500 trocas de ar/hora. Assim, se mantém um ambiente com contagem de bactérias geralmente menor do que 10 UFC/m³ (Lacerda *et al.*, 2003 *apud* LIMA DE PAULA, 2003)

Tanto a portaria no 3.523, de 28 de agosto de 1998, do Ministério da Saúde, como a resolução RE nº 09 da ANVISA, exigem o uso de filtros grossos do tipo G1 (Quadro 3) na entrada de sistemas de ar condicionado (BRASIL, 1998 e 2003). Para ambientes considerados limpos ou restritos, estes filtros devem ser usados em conjunto a um filtro HEPA, que apresentam 99,97% de eficiência na filtração de materiais particulados. O Quadro 3 descreve a eficiência esperada para cada classe de filtro.

Quadro 3: Classificação dos filtros e sua eficiência de filtração

Classe de filtro		Eficiência esperada (%)
Grossos	G1	$50 \leq E_g < 65$
	G2	$65 \leq E_g < 80$
	G3	$80 \leq E_g < 90$
	G4	$90 \leq E_g$
Finos	F5	$40 \leq E_f < 60$
	F6	$60 \leq E_f < 80$
	F7	$80 \leq E_f < 90$
	F8	$90 \leq E_f < 95$
	F9	$95 \leq E_f$
Absolutos	A1	$85 \leq E_{DOP} < 94,9$
	A2	$95 \leq E_{DOP} < 99,96$
	A3 (ou HEPA)	$99,97 \leq E_{DOP}$

Fonte: ASHRAE, 1999; ABNT, 2005.

Segundo ABNT (2005), a classificação dos filtros grossos e finos é definida através da norma EN 779:2002. A eficiência dos filtros grossos é avaliada através de testes gravimétricos que utilizam pó sintético padrão ASHRAE 52.1, composto de 72% de pó sintético com diâmetro médio de 7,7 μm , 23% de carvão em pó e 5% de fibra de algodão (ASHRAE, 1992a). Para os

¹⁰ Filtro HEPA (do inglês *High Efficiency Particulate Arresting*) é referente a um filtro absoluto do tipo A3 no Brasil.

filtros finos, a eficiência é referente à remoção de partículas de 0,4 μ m de diâmetro. Já a eficiência dos filtros absolutos é determinada através do teste DOP da norma U.S. Military Standard 282. O teste DOP avalia a eficiência de um filtro na retenção de partículas de 0,3 μ m de dioctilftalato (*dioctyl phtalate* - DOP).

Lima de Paula (2003) discute sobre a necessidade de um sistema de ventilação específico para algumas especialidades cirúrgicas, como a ortopédica, considerando o elevado potencial de infecção existente.

A seguir são descritos dois tipos de sistema de climatização:

3.8.1. Unidades de janela

São as unidades de pequeno porte, baixo custo e baixa capacidade de refrigeração (até 2,5 TR¹¹). Utilizadas principalmente em escritórios e residências, ou outros locais com poucos requisitos de climatização. Geralmente não possuem a função de renovação do ar do ambiente (BASTO, 2005).

3.8.2. Sistema tipo *fan-coil*

Este sistema é do tipo central com plenum, e inclui uma unidade de refrigeração, um ventilador e uma tubulação para inserção e retirada do ar do ambiente climatizado (Figura 4). A unidade de resfriamento possui serpentinas por onde circula água fria, capaz de absorver o calor do ar que passa pelo sistema. Nesse sistema, é possível controlar a temperatura, umidade do ar, taxa de renovação e filtragem do ar. A capacidade destes equipamentos varia entre 20 a 220 TR para compressores alternativos e de 250 a 1000 TR para compressores centrífugos (BASTO, 2005).

¹¹ Medida de potência de refrigeração, onde 1 TR é a quantidade de calor necessária para derreter uma tonelada de gelo em 24 horas.

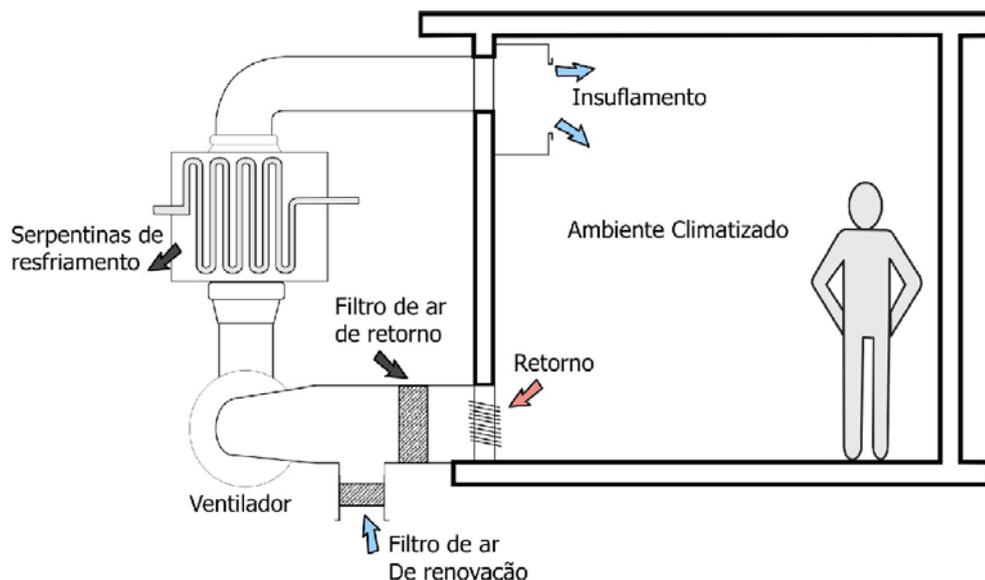


Figura 4: Esquema representativo do sistema de refrigeração do tipo *fan-coil*

3.9. Legislação e normalização

No Brasil, a resolução RE nº 9, da ANVISA (BRASIL, 2003) estabelece padrões de referência para a qualidade do ar interior, em ambientes climatizados artificialmente, de uso público e coletivo. Nela, são listados valores máximos recomendados (VMR) para os seguintes parâmetros: contaminação microbiológica, dióxido de carbono, aerodispersóides (MP), além dos parâmetros físicos de temperatura, umidade, velocidade, taxa de renovação e grau de pureza do ar. Além disso, essa resolução traz, em seus anexos, quatro normas técnicas especificando as metodologias de coleta e análise para os parâmetros supracitados.

Segundo Nunes (2005), a ANVISA promoveu a redação da consulta pública CP nº 109 de 11 de dezembro de 2003, que trata sobre esse mesmo tema, mais especificamente em ambientes de saúde. Até o momento a resolução pertinente a esta consulta ainda não foi oficializada.

O documento gerado na CP nº 109 classifica os ambientes hospitalares em quatro níveis de riscos e estabelece que os padrões de referência para a contaminação microbiológica são diferenciados para os ambientes enquadrados nesses níveis de riscos (Tabela 1). Outra diferença desse documento em relação à RE nº 09 é o estabelecimento de limites de concentração para alguns compostos no ar, sendo eles: fenol ($15\text{mg}/\text{m}^3$), formaldeído ($2,3\text{mg}/\text{m}^3$) e etanol ($1480\text{mg}/\text{m}^3$). Os valores estabelecidos para os parâmetros físicos, bem como a concentração de material particulado, permaneceriam os mesmo do que os da RE nº 09. Entretanto, a CP nº 109 não estabelece padrões para a concentração de CO_2 no ar interno (BRASIL, 2003 *apud* NUNES, 2005).

Tabela 1: Parâmetros referenciais microbiológicos de QAI, segundo a CP nº 109

	<i>Nível 0</i>	<i>Nível 1</i>	<i>Nível 2</i>	<i>Nível 3</i>
Partículas microbiológicas totais no ar	750 UFC/m ³	500 UFC/m ³	200 UFC/m ³	50 UFC/m ³

Um ambiente de nível 0 corresponde à “área onde o risco não excede aquele encontrado em ambientes de uso público e coletivo”. Uma UTN, a área coletiva de uma UTI e salas de cirurgia se enquadrariam no nível 2. Quartos de internação de imunodeprimidos e salas de cirurgia especializada (ortopedia, neurologia, cardiologia, transplante) se enquadrariam no nível 3. Em nenhum ambiente é aceita a presença de microorganismos potencialmente agressores com transmissão comprovada por via ambiental, exceto por locais onde estão isolados pacientes que sofrem infecção por estes organismos (BRASIL, 2003, *apud* NUNES, 2005).

Segundo esta mesma consulta pública, os COV devem ser avaliados nos ambientes apenas caso ocorram evidências de contaminação de COV à pacientes ou profissionais, “determinado o grau de comprometimento ambiental, com objetivo de orientar e controlar as ações de prevenção e/ou correção” (BRASIL, 2003, *apud* NUNES, 2005). A consulta pública CP nº 109 não define padrões para a concentração de dióxido de carbono (CO₂) no ar.

A portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, do Ministério da Saúde, tem como objetivo estabelecer medidas básicas referentes à manutenção dos sistemas de climatização, para garantir a "Qualidade do Ar de Interiores" e a prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados. Essa portaria regulamenta parâmetros físicos, químicos e biológicos, bem como os métodos de controle e pré-requisitos do projeto de instalação e de execução de sistemas de climatização (BRASIL, 1998).

Em relação ao ambiente hospitalar, a portaria do Ministério da Saúde nº 930, de 27 de agosto de 1992, determina que “todos os hospitais do país devem manter uma Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) independentemente da natureza da entidade mantenedora”. Em 6 de janeiro de 1997, foi sancionada a Lei nº 9.431, que dispõe sobre a “obrigatoriedade de manutenção do programa de controle de infecções hospitalares pelos hospitais do País” (BRASIL, 1992 e 1997).

Observou-se que a maioria dessas regulamentações foi elaborada com base nos parâmetros estabelecidos pela ASHRAE, dos Estados Unidos. Esse órgão estabelece os padrões de

qualidade para ambientes internos climatizados. A norma ASHRAE 55-1992 (ASHRAE, 1992b) estabelece os padrões de temperatura e umidade relativa do ar, enquanto a norma ASHRAE 62-1999 (ASHRAE, 1999), estabelece as taxas de ventilação do ar e alguns parâmetros físico-químicos, como a concentração de formaldeído e monóxido de carbono.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente, são apresentados instrumentos e metodologias usados para a avaliação dos parâmetros escolhidos na avaliação de cada ambiente. Em seguida, são apresentados dos três ambientes de estudo e os detalhes das amostragens em cada ambiente.

4.1. Determinação das condições de conforto

4.1.1. Velocidade das correntes de ar

Para medição deste parâmetro utilizou-se um anemômetro à fio quente, marca AIRFLOW®, modelo TA45 (Figura 5). Este aparelho fornece dados de velocidade e temperatura do ar através de sensor de fio quente. O sensor está fixado em uma haste que o torna ideal para medição na saída de dutos e difusores, especialmente em sistemas de ar condicionado.



Figura 5: Termo-anemômetro utilizado neste estudo

Os dados são medidos em intervalos de aproximadamente 0,5seg. Utilizou-se a função “média” do aparelho, onde se estabelece o início e fim das medições (usou-se um período de aproximadamente 1 minuto), e o equipamento fornece o valor médio dos dados coletados no período. As especificações do aparelho são as seguintes (AIRFLOW, 2001):

- Velocidade do ar: (0,00 a 30,00 m/s \pm 0,01 m/s) \pm 3% do valor medido;
- Temperatura do ar: (0,0 a 80,0 °C \pm 0,1 °C) \pm 1 °C.

Este aparelho foi usado em dois momentos:

- para aferir a velocidade do ar nos ambientes, medida a aproximadamente 1,50m do chão, onde se posicionou a sonda para captar a velocidade máxima das correntes de ar;
- para aferir a vazão de insuflamento de ar condicionado nas salas do centro cirúrgico.

4.1.2. Vazão de insuflamento do sistema de ar-condicionado

Este mesmo equipamento foi usado para medir a velocidade do ar insuflado nas salas de cirurgia n° 1 e n° 3, no centro cirúrgico. Cada sala possui dois insufladores de dimensões iguais (2,0m x 0,15m), dispostos um ao lado do outro (Figura 6).

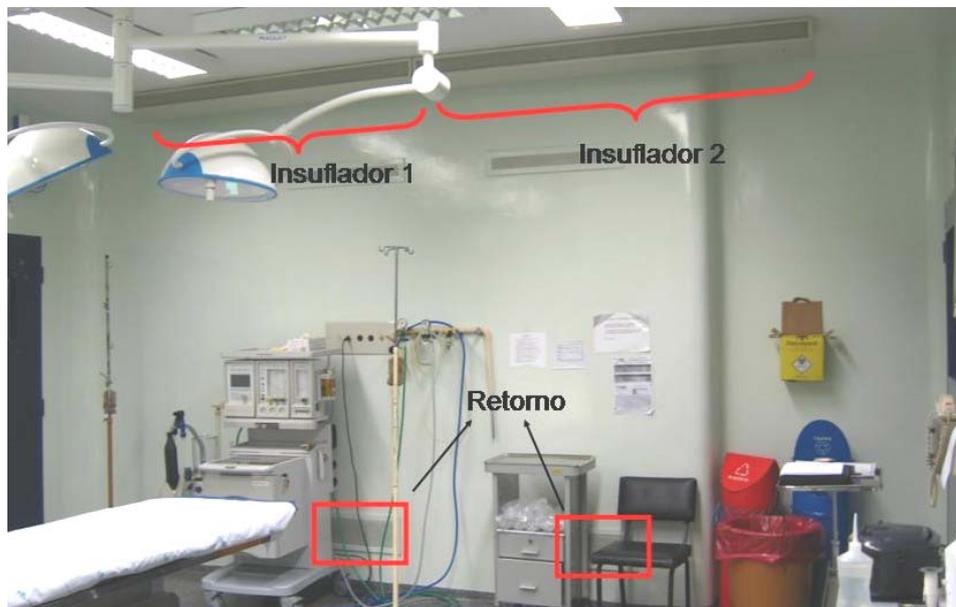


Figura 6: Localização dos insufladores de ar na sala n° 3 do centro cirúrgico.

Foram feitas medições diretamente na saída dos insufladores. Foram eleitos 10 pontos ao longo de cada insuflador, seguindo-se as recomendações do método Log-Tchebycheff, que recomenda que a distância entre os pontos de medição não deve exceder 20cm para dutos com largura superior a 1,40m (AIRFLOW, 2001; ZHANG, 2004).

4.1.3. Determinação da concentração de Dióxido de Carbono (CO₂)

Foram realizadas medições da concentração de dióxido de carbono utilizando um aparelho portátil de leitura direta por meio de sensor infravermelho não dispersivo, modelo CO-2, marca Instrutherm (Figura 7). O aparelho segue as recomendações técnicas para faixa de leitura e exatidão estabelecidas pela resolução RE n° 9 da ANVISA (BRASIL, 2003). Também é capaz de realizar medições de temperatura em bulbo seco e bulbo úmido, fornecendo, assim, o valor da umidade relativa do ar, nas seguintes especificações técnicas:

- Concentração de CO₂: (0 a 5.000 ppm ± 1ppm) + 3% do valor medido ou 50ppm;
- Temperatura: (-20,0°C a 60,0°C ± 0,1°C) ± 1°C;
- Umidade relativa do ar: (10 a 95% ± 1%) ± 5%.

Em cada aferição, o aparelho foi ajustado para coletar e armazenar os dados a cada 60 segundos.



Figura 7: Aparelho medidor de CO₂, temperatura e umidade utilizado neste trabalho.

4.2. Determinação dos Compostos Orgânicos Voláteis (COV)

4.2.1. Amostragem de compostos orgânicos voláteis (COV)

Foi utilizada a técnica de adsorção ativa para concentrar os COV, na qual é passado um volume conhecido do ar através de material sólido adsorvente próprio à natureza desses gases. Cada cartucho consiste em um tubo em aço inox (fabricados pela PerkinElmer) preenchido com uma combinação de dois materiais adsorventes, Carbotrap[®] e Tenax TA[®], com 150 mg de cada material no mesmo tubo, separados entre si por lã de vidro (Figura 8).

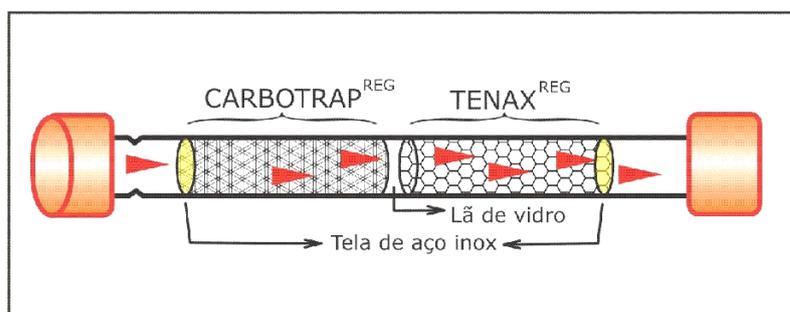


Figura 8: Esquema representativo dos cartuchos de amostragem utilizados

Esses adsorventes foram utilizados com sucesso por Piceli (2005), para amostragem de COV do ar interno, e por Miranda (2007), para amostragem de COV resultantes da combustão

veicular de diferentes combustíveis. O Quadro 4 apresenta as características dos materiais adsorventes empregados.

Quadro 4: Características dos adsorventes empregados

<i>Adsorvente</i>	Carbotrap C [®]	Tenax TA [®]
<i>Composição</i>	Carvão ativado	2,6-difenil-p-fenilenoxido (resina polimérica porosa)
<i>Compostos adsorvidos</i>	Hidrocarbonetos do C ₈ até o C ₃₀	n-C5 (ou menos) até n-C26 com PE entre 100°C e 400°C
<i>Temperatura máxima (°C)</i>	400	350
<i>Área superficial específica (m²/g)</i>	12	35
<i>Afinidade</i>	Polares na faixa de volatilidade. Alcenos, álcoois, aldeídos, alquil-benzenos (P.E. > 75°C).	Apolares (PE > 100°C). Aromáticos exceto benzeno, como HC alifáticos a partir do n-C7 e compostos polares menos voláteis (PE < 150°C).

Fonte: Piceli (2005), Miranda (2007), PerkinElmer (2007).

A amostragem se deu segundo o Método TO-17, da USEPA (1997b), utilizando-se uma bomba de vácuo portátil, modelo 224-PCXR8 (marca SKC), com vazão entre 10 e 200mL/min, regulada e calibrada através de um calibrador eletrônico, modelo DC Lite (marca Drycal) para realizar a passagem do ar ambiente por dentro de cada cartucho.

Cada amostra foi coletada em duplicata, onde dois cartuchos foram simultaneamente utilizados (com duas bombas portáteis ou uma bomba com duas entradas de ar). Passou-se por cada cartucho um volume de ar de aproximadamente 5000mL, e as vazões aplicadas variaram entre 90 e 167 mL/min. A Figura 9 mostra os elementos que participam deste tipo de amostragem.

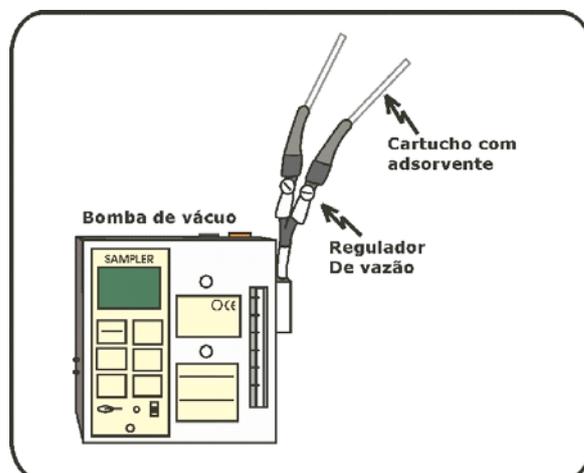


Figura 9: Esquema de amostragem ativa de COV

4.2.2. Análise qualitativa de COV

Os cartuchos contendo o suporte adsorvente para a amostragem são específicos para o uso em equipamentos de dessorção térmica automática (ATD)¹². Este equipamento, no modelo Thermodesorber, foi acoplado a um cromatógrafo gasoso (GC)¹², modelo Autosystem XL, e a um espectrômetro de massa (MS)¹³, modelo TurboMass, todos da marca Perkin-Elmer (Figura 10).

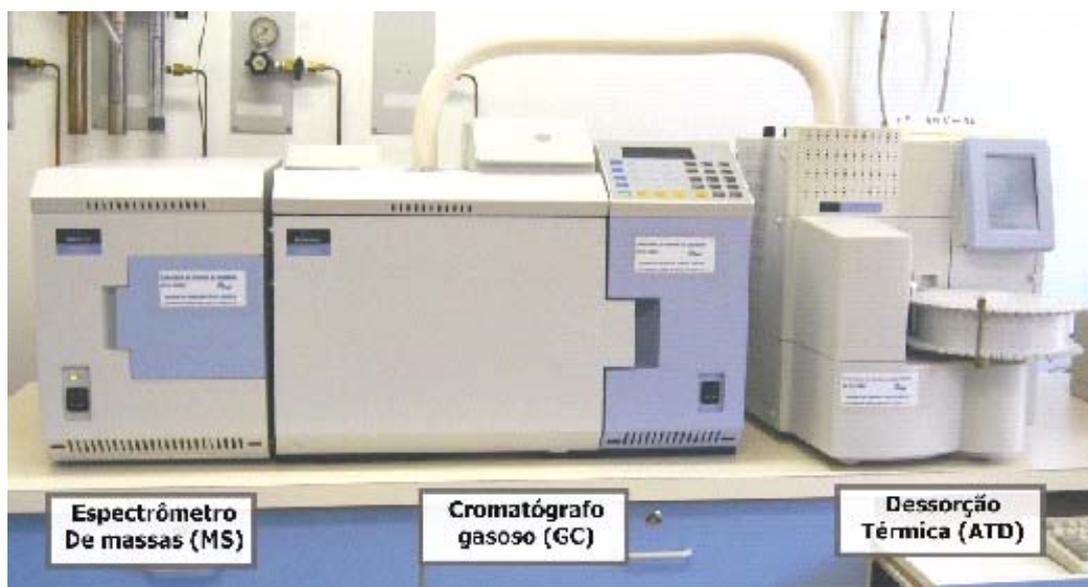


Figura 10: Componentes do sistema ATD/GC-MS.

Os cartuchos foram acoplados ao carrossel do ATD e, um a um, inseridos no aparelho. Primeiramente, foi passado um gás de arraste (Hélio) pelo adsorvente, em temperaturas de até 300 °C, que dessorve os compostos e os leva à armadilha fria (*cold trap*), em temperatura de -30 °C, para depois serem novamente dessorvidos, mediante um “*flash térmico*” à temperatura de 300 °C, e transportados ao cromatógrafo gasoso, via uma linha de transferência aquecida a 200 °C. Na coluna, os compostos passam por uma rampa crescente de temperatura, e são separados fisicamente conforme a sua volatilidade. O cromatograma representa, assim, os sinais emitidos por cada composto, separados entre si pelo tempo decorrido até a transferência de cada composto da fase móvel (gasosa) para a fase estacionária (coluna).

Após serem separados no cromatógrafo, os compostos são levados ao detector, situado na saída da coluna cromatográfica. Na presente configuração, o detector foi um espectrômetro de massa. Portanto, ao saírem da coluna, os compostos separados sofrem uma descarga de

¹² Do inglês “Automatic Thermal Desorber”.

¹³ Do inglês “Gas Chromatography and Mass Spectrometry”.

elétrons no espectrômetro de massa e são fragmentados de forma característica à sua espécie química. Assim, cada composto se fragmenta conforme um espectro de massa próprio, que é comparado com a biblioteca de espectros do aparelho (biblioteca Nist), possibilitando a sua identificação (MIRANDA, 2007; PERKIN-ELMER, 2007).

Com este equipamento foi feita a análise qualitativa, indicando quais são os COV presentes no ambiente interno, com cadeia carbônica superior a 3 carbonos e com ponto de ebulição entre -30°C e 350°C . No Quadro 5 são apresentados os parâmetros usados nas análises físico-químicas.

Quadro 5: Parâmetros das análises em GC/MS

ATD <i>ATD</i> <i>(“two-stage desorption”)</i>	Temperaturas	Válvula	200°C
		Dessorção primária	330°C
		Inicial armadilha fria	-30°C
		Final armadilha fria	250°C
		Linha de Transfência	260°C
		Taxa de aquecimento da armadilha fria	$40^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$
	Tempos	Purga inicial	1 min
		Dessorção primária	10 min
		Hold da armadilha fria	5 min
		Tempo do ciclo analítico	46 min
	Pneumática	Dessorção primária	$100\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$
		Inlet split	$15\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$
		Outlet split	$15\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$
		Fluxo de gás He na coluna	$1,30\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$
Cromatógrafo gasoso	Coluna Cromatográfica	Ciola 5MS (5% fenil-dimetilpolisiloxano) 30m de comprimento 0,25mm de diâmetro externo e 0,25 μm de espessura do filme.	
	Programa de Temperatura	Inicial 30°C durante 10 min. Aquecimento a $5^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ até 130°C . Tempo total de 30min.	
	Pressão	15psi	
Espectrômetro de massas	Modo de ionização	EI+ (70eV)	
	Faixa de massa	33 – 350 uma	
	Velocidade do Scan	$1\text{ Scan}\cdot\text{S}^{-1}$	
	Temperatura da fonte	210°C	
	Temperatura da interface	230°C	

Cada cartucho foi condicionado no ATD durante 15 minutos a 350°C. Depois foram feitas análises de “branco” com estes mesmos cartuchos para certificar quanto à ausência de compostos em quantidades significativas.

Foram usados três requisitos para o reconhecimento de um composto no cromatograma: (1) a probabilidade de reconhecimento pela biblioteca de espectros superior a 75%; (2) a ausência de pico da mesma magnitude na análise de branco do mesmo cartucho; (2) a área do pico ao menos três vezes superior à área dos ruídos (picos vizinhos a este no cromatograma).

4.3. Determinação dos parâmetros microbiológicos

4.3.1. Meios de Cultura

Para o cultivo dos fungos foi usado o meio de cultura ágar Sabouraud dextrose (ASD) 4%. Esse meio foi proposto por Raymond Sabouraud (1864-1938) e apresenta pH em torno de 5,6 e elevada concentração de açúcar, sendo utilizado para o crescimento seletivo de fungos (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). O meio de cultura foi preparado a partir de pó desidratado (Himedia[®]), esterilizado em autoclave durante 20 minutos a 121°C e 15psi, e vertido em placas de Petri descartáveis estéreis sob condições assépticas de fluxo laminar.

Para o cultivo de bactérias, foi usado o meio de cultura Ágar Sangue de Carneiro a 5% (ASC). O meio base (Himedia[®]) foi, também, esterilizado em autoclave sob as mesmas condições de temperatura e pressão. Após esterilização, quando a temperatura reduziu-se a 50°C, foram adicionados 45mL (5% em volume) de sangue de carneiro desfibrinado estéril (adquirido junto ao laboratório Newprov). Esse meio foi vertido em placas de Petri descartáveis estéreis sob condições assépticas de fluxo laminar.

Depois de preparadas, as placas foram seladas com filme de PVC e acondicionadas em sacos plásticos selados para serem levadas a campo. As placas contendo ASC foram mantidas em geladeira até o momento do uso e as placas com ASD foram mantidas sob temperatura ambiente.

Todas as vidrarias usadas foram esterilizadas em autoclave a 121°C e 15psi, durante 20 minutos. Em cada campanha de amostragem, foi utilizada uma placa de meio de cultura ASD como testemunha das condições de transporte ao local de amostragem e ao laboratório. Essa placa era mantida fechada no local de amostragem, e era posteriormente incubada com as demais culturas.

4.3.2. Amostragem Passiva

Realizou-se um estudo sobre a sedimentação de fungos em meio sólido em placas de Petri. A amostragem passiva, ou por sedimentação, consiste na exposição ao ambiente do meio de cultura em placas de petri, de 9 cm de diâmetro, por períodos de tempo previamente definidos. Através da amostragem passiva, avaliaram-se os bioaerossóis que sedimentaram sobre o meio de cultura, simulando, assim, a exposição de uma superfície (como um ferimento, por exemplo) a esses contaminantes (PASQUARELLA, PITZURRA e SAVINO, 2000; SILVA FILHO e OLIVEIRA, 2007).

O resultado deste tipo de análise é expresso em UFC/m².h e, portanto, depende do tempo de exposição da placa e da área coberta pela mesma. Pasquarella, Pitzurra e Savino (2000) informam que uma concentração de bioaerossóis em um ambiente ultralimpo, de até 10 UFC/m³ medidos por amostragem ativa corresponderia a um valor de até 350 UFC/m².h.

Para tanto, um conjunto de placas com meio de cultura ASD esterilizado foi exposto ao ar sobre incubadoras da UTN (UTI Neonatal), em diferentes datas (independente da ocupação ou não das incubadoras). Realizaram-se 5 campanhas de amostragem. Nas duas primeiras campanhas, três amostras foram abertas simultaneamente e os tempos de exposição foram de 10, 30 e 60 minutos. Nas últimas três campanhas, nove placas foram abertas simultaneamente e conjuntos de 3 placas foram fechados após 10, 30 e 60 minutos.

As placas foram levadas ao Laboratório de Ectomicorrizas, do Departamento de Microbiologia (MIP/UFSC), incubadas a 25±1 °C e monitoradas diariamente quanto ao crescimento de fungos. Durante este período, realizou-se a contagem de colônias em cada placa. A Figura 11, mostra as placas expostas sobre incubadoras na UTI neonatal, em diferentes campanhas de amostragem.



Figura 11: Amostragem passiva na UTN.

4.3.3. Amostragem Ativa

Utilizou-se um amostrador de ar por impactação através de peneiras, também conhecido como amostrador de Andersen, de um estágio (marca SKC, modelo BIOSTAGE 1, Figura 12). Em cada ponto de amostragem, foram coletados 280 litros de ar, com a vazão mantida fixa em 28,0 L/min, durante 10 minutos. Essa metodologia foi usada para a amostragem de fungos (com ASD) e bactérias (com ASC). Cada amostragem foi feita através da coleta de, no mínimo, 2 placas de Petri subsequentes com o mesmo tipo de meio de cultura. Os detalhes sobre cada amostragem estão descritos no item 4.5 deste trabalho.



Figura 12: Amostrador de Andersen

A peça de aço inox onde se acopla a placa de Petri com meio de cultura foi esterilizada em autoclave, a 121°C e 15psi durante 20 minutos antes de cada dia de amostragem. Entre as amostragens de um mesmo dia, a peça foi desinfetada com álcool etílico 98GL com algodão e a entrada do amostrador foi selada com algumas camadas de filme de PVC. Entre amostragens consecutivas, passou-se um pedaço de gaze estéril na entrada do amostrador.

4.3.4. Análise Laboratorial

Fungos filamentosos

As placas de Petri com meio de cultura expostas ao ar, seja pelo método ativo ou passivo, foram analisadas da mesma maneira. As placas com meio para crescimento de fungos foram incubadas durante 2 a 3 dias à temperatura de 25±1°C. Após o período de incubação, procedeu-se à contagem das colônias em cada placa utilizando-se lupa binocular (3X a 30X), efetuando-se duas contagens: a de fungos filamentosos e a de colônias de aparência cremosa (possivelmente leveduras).

Em cada placa, foram selecionadas colônias de fungos filamentosos com aparências macroscópicas diferentes para isolamento. Tais colônias foram repicadas para meio de cultura sólido inclinado, de mesma composição, em tubos contendo 10mL (Figura 13). Após o crescimento da cultura (2 a 3 dias), os tubos foram armazenados em geladeira (a ~ 4°C).



Figura 13: Aspecto dos fungos isolados em tubos de ensaio

Sempre que possível, dependendo do seu tamanho e posição em relação às demais colônias, foram preparadas lâminas dessas colônias de aparência cremosa, para, sob microscopia óptica, verificar sua natureza, se levedura ou bactéria. Algumas dessas colônias também foram isoladas em tubos para posterior observação.

As placas de fungos foram incubadas durante 3 dias antes de se proceder a contagem das colônias, que foram expressas em unidades formadoras de colônias por metro cúbico (UFC/m³) de ar. Depois de isolados, os fungos filamentosos foram submetidos à técnica de microcultivo, para permitir uma melhor observação de suas estruturas reprodutivas e, assim, poder identificá-los (MOBIN e SALMITO, 2006; SILVA FILHO e OLIVEIRA, 2007).

Esse procedimento consistiu na inoculação do fungo sobre uma pequena quantidade de meio de cultura sólido (aproximadamente 0,1 mL) colocado na superfície de uma lâmina de vidro para microscopia, previamente esterilizada. Após a inoculação, o meio de cultura era coberto por uma lamínula, também esterilizada, e o sistema era depositado sobre uma folha de papel de filtro estéril umidificada, no interior de uma placa de Petri estéril. O conjunto foi, então, incubado, em incubadora tipo BOD, à temperatura de 25 ± 1°C. Assim, foi possível observar toda a cultura em microscopia óptica, sem alterar a integridade das estruturas do fungo (Figura 14).

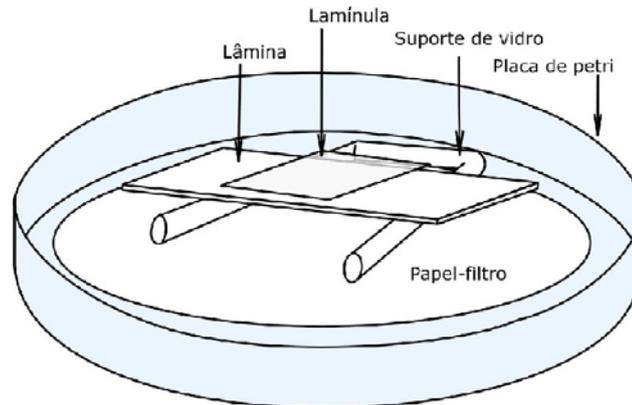


Figura 14: Conjunto usado para microcultivo

A Figura 15 mostra a aparência de uma microcultura após um período de incubação de dois dias, e pronta para observação em microscopia óptica.

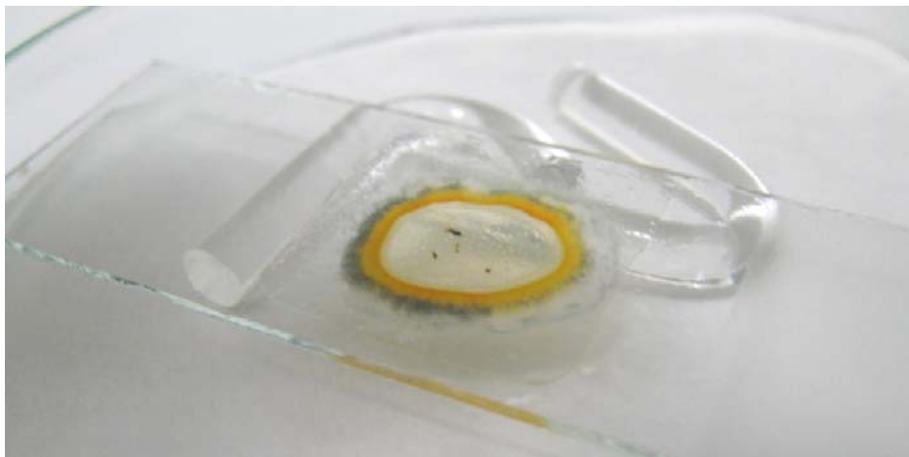


Figura 15: Lâmina com microcultura já desenvolvida

O período de incubação em microcultivo foi variável de acordo com o tipo de fungo. Alguns, em apenas 18hs de incubação, já haviam produzido esporos e estes já se encontravam em fase de germinação. Em outros casos, foi necessário aguardar mais de 7 dias para o aparecimento de esporos.

O material observado foi comparado com descrições disponíveis na literatura especializada (livros e páginas da Internet) das estruturas reprodutivas ou outras estruturas fúngicas características (como clamidósporos), características da hifa (presença ou ausência de septos) e da colônia (formato e textura da colônia, coloração da hifa, dos esporos e da parte inferior da colônia) (KENDRICK, 1979; WEBSTER, 1985; SILVEIRA, 1995; ALEXOPOULOS, MIMS e BLACKWELL, 1996; KONEMAN *et al.*, 1997; KENDRICK, 2000; BENNY, 2008; DR FUNGUS, 2008; FUNGAL RESEARCH TRUST, 2008; THE UNIVERSITY OF ADELAIDE, 2008).

Bactérias

As culturas de bactérias (em ágar sangue de carneiro) foram incubadas durante 36-48 horas em estufa a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, de acordo com a metodologia recomendada por Pasquarella, Pitzurra e Savino (2000). Após o período de incubação, procedeu-se à contagem das colônias em cada placa. O meio de cultura utilizado permitiu a observação a olho nu de zonas de hemólise (hemo ~ sangue e lise ~ quebra) produzidas por certas colônias (Figura 16). A hemólise é causada pelo rompimento dos eritrócitos do sangue, pela ação de hemolisinas produzidas pelas bactérias, especialmente por alguns grupos de *Staphylococcus* spp. (SEGEN, 1992). Quanto a esta característica, as bactérias podem ser subdivididas em três grupos (BROOKS *et al.*, 2004):

- α -hemolíticas: aquelas que promovem a formação de uma zona de aparência esverdeada ou marrom ao redor da colônia, proveniente da descoloração e perda de potássio por parte das hemácias;
- β -hemolíticas: promovem a hemólise completa dos eritrócitos, levando ao aparecimento de uma zona transparente no meio de cultura no redor da colônia;
- γ -hemolíticas: são aquelas bactérias que não provocam hemólise.



Figura 16: β -Hemólise observada ao redor de algumas colônias

Posteriormente, algumas colônias com aparência distinta foram selecionadas e repicadas para novas placas com meio de cultura de mesma composição. Após o crescimento, as culturas foram armazenadas em geladeira.

Para visualização das bactérias sob microscopia óptica, os isolados bacterianos foram submetidos à técnica de coloração de Gram. Para isso, foi feito o esfregaço em uma lâmina de

vidro transferindo-se, com o auxílio de uma alça de platina esterilizada, uma pequena porção da colônia para uma gota de água destilada colocada no centro da lâmina. Em seguida, espalhou-se essa suspensão numa área maior e deixou-se secar em temperatura ambiente. Após secagem, procedeu-se à fixação do esfregaço, passando-se o lado oposto da lâmina, três a quatro vezes na chama do bico de Bunsen. Essas preparações foram, então, coradas pelo método de coloração diferencial de Gram. Esse método de coloração foi desenvolvido em 1884 e é um dos procedimentos de coloração mais úteis e comumente aplicados para identificação das bactérias. A cor das células bacterianas, depois de coradas pelo método, permite classificar as bactérias em dois grandes grupos: gram-positivas e gram-negativas (TORTORA, FUNKE E CASE, 2005). A coloração de Gram é mais consistente quando usada em bactérias jovens, em crescimento. Assim, todas as lâminas foram preparadas e coradas após 24 horas de incubação da cultura.

4.4. Análise Estatística dos Dados

Neste trabalho, utilizaram-se os métodos estatísticos recomendados por Barbetta, Reis e Bornia (2008) para estimar o intervalo de 95% de confiança para a média dos conjuntos de dados amostrados. Para construir os diagramas de pontos e de caixas utilizou-se o programa estatístico Minitab[®].

4.5. Seleção dos Ambientes de Estudo

Para atingir os objetivos deste trabalho, foram selecionados três ambientes do Hospital Universitário “Professor Polydoro Hernani de São Thiago”, da Universidade Federal de Santa Catarina (HU/UFSC), em Florianópolis (SC), onde se realizou os estudos de caso na aferição da qualidade do ar.

O HU atua em quatro áreas básicas: clínica médica, cirúrgica, pediatria e tocoginecologia, sendo que o centro obstétrico e a unidade de neonatologia foram implantados em 1995. Atuando nos três níveis de assistência, o básico, o secundário e o terciário, o HU é, também, referência estadual em patologias complexas, clínicas e cirúrgicas, com grande demanda na área de câncer e cirurgia de grande porte, nas diversas especialidades.

Escolheram-se setores onde os pacientes apresentam um estado de saúde comprometido ou enfraquecido, reduzindo a sua resistência à infecção hospitalar. Seguindo este critério, foram selecionados três ambientes dentro do Hospital Universitário da UFSC: Unidade de Terapia Intensiva (UTI); Unidade de Terapia Intensiva Neonatal (UTN); Centro Cirúrgico (CC).

Segundo a resolução RE nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003), deve-se estabelecer um ponto de amostragem para cada 1.000 m² de área construída. Assim, foi estabelecido um ponto de amostragem em cada um dos locais citados, que possuem áreas bem inferiores a 1.000 m². Realizou-se um cronograma de amostragens diferente para cada um destes ambientes, conforme as particularidades de uso de cada um, e os mesmos parâmetros foram avaliados nos três ambientes.

4.5.1. Unidade de Terapia Intensiva Adulto (UTI)

O HU/UFSC possui uma UTI inteiramente nova, construída em uma nova ala do hospital, inaugurada no dia 25 de fevereiro de 2008. Com 20 leitos, a nova UTI substituiu a antiga UTI, com capacidade de 7 leitos, que foi desativada. Apesar de possuir 20 vagas, a nova UTI apresentava ocupação de apenas 7 leitos nas datas das amostragens, pois os demais leitos ainda não tinham sido ativados.

Como esta área foi instalada em um bloco recém-construído do hospital, o sistema de ventilação também é de instalação recente. O sistema é do tipo *fan-coil* e possui termostato e controle de temperatura e umidade no próprio ambiente (Figura 17). O sistema contém um filtro grosso (classe G3) na entrada do sistema de ventilação, dois filtros bolsa (classe F7) e dois filtros absolutos (classe A3), em paralelo. Utilizou-se o termo-anemômetro Airflow® para a medição da velocidade média das correntes de ar no ambiente. Os demais parâmetros avaliados estão descritos a seguir.



Figura 17: Painel de controle de temperatura e umidade da UTI

Amostragem para análise qualitativa de COV

As amostragens de COV foram feitas em uma campanha, onde dois cartuchos foram amostrados simultaneamente. A amostragem foi feita a 1,50m de altura do chão, em posição central na UTI. A Tabela 2 mostra os detalhes desta amostragem.

Tabela 2: Detalhes da amostragem de COV na UTI

<i>Amostra</i>	<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>Vazão de amostragem</i>	<i>Tempo de amostragem</i>	<i>Volume amostrado</i>
1	22/04/2008	15:05 – 16:06	83 mL/min	61 min	5075 mL
2			86 mL/min	61 min	5252 mL

Amostragem de bioaerossóis

Foram retiradas dez amostras, com as amostragens feitas em dois dias distintos, uma no período matutino e outra no período vespertino. As amostragens foram feitas a 1,20m de altura do chão, entre os leitos 4 e 5 (Figura 18). Infelizmente, não foi possível realizar a amostragem distante de qualquer parede para não atrapalhar o trânsito da equipe médica da UTI. Durante estas amostragens, foram feitas medições da concentração de CO₂, temperatura e umidade relativa do ar.



Figura 18: Local de amostragem na UTI

No primeiro dia de amostragem, foram utilizadas três placas de cada meio de cultura e, no segundo dia de amostragem, apenas duas placas com cada meio de cultura foram empregadas. A Tabela 3 mostra detalhes destas amostragens.

Tabela 3: Detalhes da amostragem de bioaerossóis na UTI

<i>Amostra</i>	<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>Meio de Cultura*</i>
1		16:10 – 16:20	ASD
2		16:22 – 16:32	ASD
3	25/03/08	16:35 – 16:45	ASD
4		16:50 – 17:00	ASC
5		17:00 – 17:10	ASC
6		17:15 – 17:25	ASC
7		8:40 – 8:50	ASD
8	31/03/08	8:50 – 9:00	ASD
9		9:00 – 9:10	ASC
10		9:10 – 9:20	ASC

* ASD: ágar Sabouraud dextrose; ASC: ágar sangue de carneiro

4.5.2. Unidade de Terapia Intensiva Neonatal (UTN)

Localizada dentro da unidade de neonatologia do HU, a UTN tem capacidade para 6 leitos e recebe os pacientes recém-nascidos que estão em estado crítico, necessitando de observação e cuidados intensivos. A sala tem 45m² de área.

O sistema de ar condicionado também é do tipo *fan-coil*, mas esse sistema existe desde 1982. Assim como na UTI adulto, o sistema também contém um filtro grosso (classe G3) na entrada do sistema de ventilação, dois filtros bolsa (classe F7) e dois filtros absolutos (classe A3, ou HEPA). Utilizou-se o termo-anemômetro Airflow® para a medição da velocidade média das correntes de ar no ambiente. Os demais parâmetros avaliados estão descritos a seguir.

Amostragem de COV

As amostragens de COV foram feitas em uma campanha, onde dois cartuchos foram amostrados simultaneamente. A amostragem foi feita a 1,50m de altura do chão, em posição central na UTN. A Tabela 4, a seguir, mostra os detalhes desta amostragem.

Tabela 4: Detalhes da amostragem de COV na UTN

<i>Amostra</i>	<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>Vazão de amostragem</i>	<i>Tempo de amostragem</i>	<i>Volume amostrado</i>
1			147 mL/min	35min	5145 mL
2	08/03/2008	15:30 - 16:05	143 mL/min	35 min	5005 mL

Amostragem de bioaerossóis

Assim como na UTI adulto, as amostragens de fungos e bactérias foram feitas em dois dias distintos, uma no período matutino e outra no período vespertino. Tanto no primeiro quanto

no segundo dia de amostragens haviam de 0 a 5 pessoas na sala, entre pais e pessoas da equipe médica.

No total, foram retiradas 12 amostras desse ambiente. As amostragens foram feitas a 1,20m de altura do chão, no centro da sala. Durante essas amostragens, foram feitas medições da concentração de CO₂, temperatura e umidade relativa do ar. A Tabela 5, a seguir, mostra os detalhes dessas amostragens e a Figura 19 mostra o local onde foram feitas as amostragens.

Tabela 5: Detalhes da amostragem de bioaerossóis na UTN

<i>Amostra</i>	<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>Meio de Cultura*</i>
1		9:30 – 9:40	ASD
2		9:44 – 9:54	ASD
3	08/03/08	9:55 – 10:05	ASD
4		10:10 – 10:20	ASC
5		10:25 – 10:35	ASC
6		10:35 – 10:45	ASC
7		14:40 – 14:50	ASD
8		14:52 – 15:02	ASD
9	25/03/08	15:05 – 15:15	ASD
10		15:20 – 15:30	ASC
11		15:35 – 15:45	ASC
12		15:50 – 16:00	ASC

* ASD: ágar Sabouraud dextrose; ASC: ágar sangue de carneiro



Figura 19: Local de amostragem na UTN

Neste ambiente também foi realizado o estudo da sedimentação de fungos em meio de cultura (amostragem passiva). A Tabela 6 descreve as campanhas de amostragem realizadas, onde somente Placas de petri com o meio ASD (agar Sabouraud dextrose) foram utilizadas.

Tabela 6: Detalhes da amostragem passiva de fungos na UTN

<i>Data</i>	<i>Número de amostras</i>	<i>Tempo de exposição</i>
03/01/08	1	10 min
	1	30 min
	1	60 min
09/01/08	1	10 min
	1	30 min
	1	60 min
15/01/08	3	10 min
	3	30 min
	3	60 min
25/01/08	3	10 min
	3	30 min
	3	60 min
08/03/08*	3	10 min
	3	30 min
	3	60 min

*Amostragem realizada em paralelo com a amostragem ativa

4.5.3. Centro cirúrgico (CC)

O centro cirúrgico possui 5 salas de cirurgias e uma sala de recuperação pós-cirúrgica. Em cada sala são realizadas cirurgias agendadas ou emergenciais. As cirurgias agendadas se iniciam às 8:00 h da manhã e, à medida que vão sendo feitas, a sala é limpa e recebe novas cirurgias agendadas ou emergenciais. As atividades agendadas são encerradas ao final da tarde, em torno das 19 h. Após esse horário, somente cirurgias emergenciais são realizadas. O centro cirúrgico funciona de forma ininterrupta, 24 horas por dia.

Em cada sala de cirurgia existe, além do sistema de ar condicionado central, uma unidade de ar condicionado de janela. A manutenção dessas unidades de pequeno porte é feita quinzenalmente, conforme planilhas localizadas ao lado de cada aparelho.

O sistema de ar condicionado central é do tipo *fan-coil*, havendo unidades independentes para cada sala de cirurgia. Assim, o sistema pode ser ligado ou desligado em cada sala de cirurgia de forma independente, através de um painel central de controle. Portanto, cabe à equipe que trabalha em cada sala ligar ou desligar o sistema de ar condicionado conforme a necessidade de climatização. Cada sistema de ar condicionado é provido com um filtro grosso (classe G3) na entrada de ar, um filtro bolsa (classe F7) e um filtro absoluto (classe A3, ou HEPA).

As amostragens foram feitas em duas salas de cirurgia, a sala nº01 e a sala nº03. Cada sala de cirurgia foi amostrada no decorrer de um dia de funcionamento, do início ao fim da utilização

da sala. Utilizou-se o termo-anemômetro Airflow® para a medição da velocidade média das correntes de ar em cada sala de cirurgia e também para medir a vazão da entrada de ar do sistema de ar condicionado. Os demais parâmetros analisados estão descritos nos itens a seguir.

Sala de cirurgia nº 01

A sala de cirurgia nº 01 é geralmente a sala mais utilizada, por apresentar área ligeiramente maior do que as demais e por ser mais bem-equipada. Essa sala foi amostrada no dia 31 de março de 2008.

Durante esse dia, ocorreu uma cirurgia com duração aproximada de 7 horas, incluindo a reconstrução do trânsito intestinal do paciente. A temperatura média externa era de 29°C e o tempo era ensolarado, com vento fraco, soprando da direção nordeste. O aparelho amostrador foi colocado sobre uma mesa em aço inoxidável com 1,20m de altura, localizada a 1m da equipe médica, que ocupava o entorno da mesa de cirurgia (Figura 20; Figura 21). A sala de cirurgia nº 1 possui 27,5 m² de área e nela havia 0 a 12 pessoas no decorrer do dia.



Figura 20: Momento da amostragem na sala de cirurgia nº1

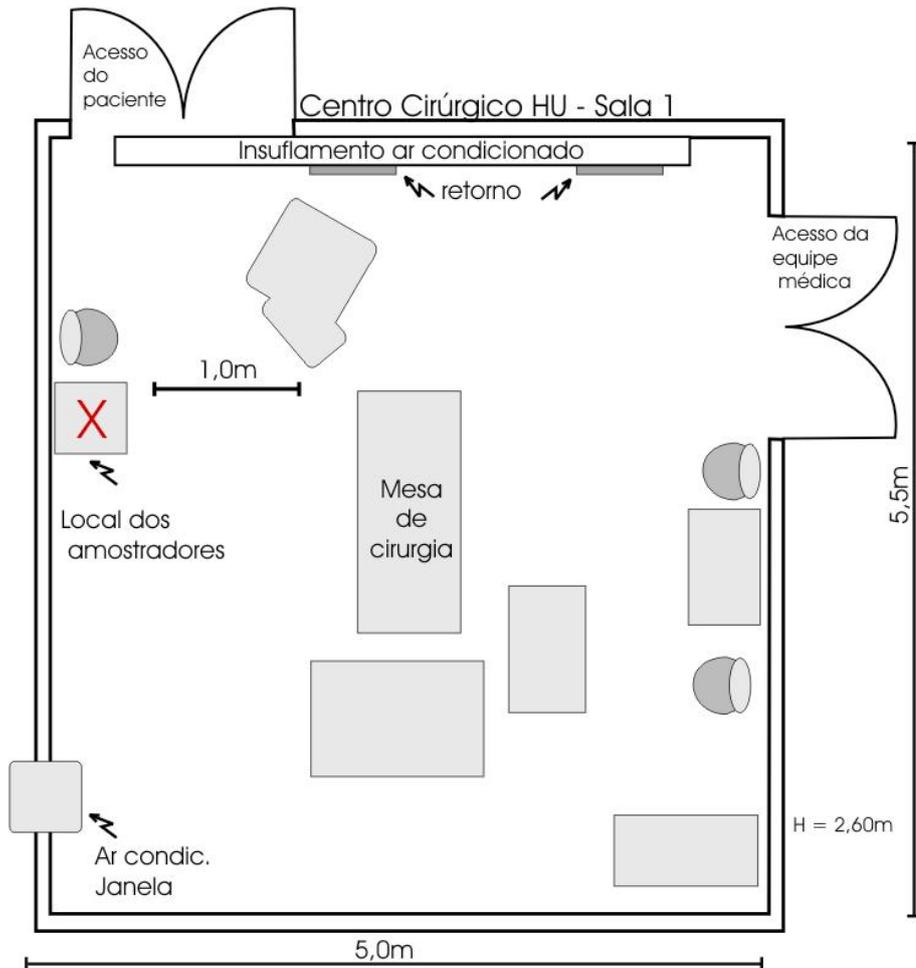


Figura 21: Croquis simplificado da sala de cirurgia n°1, mostrando o local da amostragem e sua posição em relação à mesa de cirurgia posicionado no centro da sala.

Amostragem de COV

As amostragens de COV foram feitas em três momentos no decorrer do dia, durante a cirurgia. Em cada momento dois cartuchos foram amostrados simultaneamente, exceto no último momento, em que apenas um cartucho foi amostrado.

A amostra n°5 é a única que diferiu das demais em termos da sua posição no momento da amostragem. Para averiguar a qualidade do ar expelido pelo aparelho de respiração do paciente, que era mantido sedado por medicação intravenosa e também por medicação via aérea, coletou-se essa amostra diretamente na saída do sistema de purga (Figura 22).



Figura 22: Retirada da amostra nº5 de COV da sala de cirurgia nº1

O Quadro 6 apresenta alguns detalhes sobre os dois compostos mais usualmente administrados como sedativo os pacientes do centro cirúrgico do HU.

Quadro 6: Informações sobre os sedativos utilizados via aérea no centro cirúrgico

<i>Nomenclatura usual</i>	<i>Isoflurano</i>	<i>Sevoflurano</i>
<i>Nomenclatura UIPAC</i>	2-cloro-2-(difluorometoxi)- 1,1,1-trifluoretano	1,1,1,3,3,3-hexafluoro-2- (fluorometoxi)propano
<i>Fórmula química</i>	$C_3H_2ClF_5O$	$C_4H_3F_7O$
<i>Peso molecular (PM)</i>	184,5 g/mol	200g/mol
<i>Ponto de ebulição (PE)</i>	48,5°C	58,6°C

A Tabela 7 mostra a data, hora e os parâmetros usados na amostragem de COV.

Tabela 7: Detalhes da amostragem de COV na Sala de cirurgia nº 1

<i>Amostra</i>	<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>Vazão de amostragem</i>	<i>Tempo de amostragem</i>	<i>Volume amostrado</i>
1			117 mL/min	45min	5265 mL
2		10:15 – 11:00	118 mL/min	45 min	5310 mL
3	31/03/2008		90 mL/min	56min	5040 mL
4		14:20 – 15:16	90 mL/min	56 min	5040 mL
5		16:55 – 17:30	143 mL/min	35min	5005 mL

Amostragem de bioaerossóis

Foram retiradas 18 amostras no decorrer do dia, das quais 10 foram feitas com meio de cultura seletivo para fungos e 8 com meio de cultura seletivo para bactérias. Durante estas amostragens, foram feitas medições da concentração de CO_2 , temperatura e umidade relativa do ar. A Tabela 8 mostra os detalhes dessas amostragens bem como a cronologia do funcionamento da sala de cirurgia neste dia.

Tabela 8: Detalhes da amostragem de bioaerossóis na sala de cirurgia nº1

<i>Amostra</i>	<i>Hora</i>	<i>Meio de Cultura*</i>	<i>Atividade na sala¹⁴</i>	
-	7:00	-	Ligou-se o ar condicionado central	
1	7:20 – 7:30	ASD	Ninguém na sala	
2	7:35 – 7:45	ASD	2 enfermeiras preparando a sala	
3	7:50 – 8:00	ASC		
4	8:03 – 8:13	ASC	Sala preparada, enfermeiras sentadas aguardando a chegada do paciente	
-	10:15	-	Paciente sendo preparado e anestesiado, 10 a 12 pessoas na sala	
-	10:45	-	Início da cirurgia	
5	11:05 – 11:15	ASD	Durante a cirurgia: 6 a 10 pessoas na sala, com pouca movimentação entorno do paciente. As portas foram abertas e fechadas conforme a entrada e saída de pessoas. Tanto o sistema de ar condicionado central como a unidade de janela permanecem ligados.	
6	11:16 – 11:26	ASD		
7	11:30 – 11:40	ASC		
8	11:40 – 11:50	ASC		
9	13:10 – 13:20	ASD		
10	13:24 – 13:34	ASD		
11	13:38 – 13:48	ASC		
12	13:50 – 14:00	ASC		
13	15:20 – 15:30	ASD		
14	15:32 – 15:42	ASD		
15	15:45 – 15:55	ASC		
16	15:58 – 16:08	ASC		
-	17:35	-		Término da cirurgia
17	17:40 – 17:50	ASD		Desligou-se o AC, a equipe de 3 pessoas acordou e preparou o paciente para transferência da sala
18	17:53 – 17:53	ASD		O paciente foi retirado da sala

* ASD: ágar Sabouraud dextrose; ASC: ágar sangue de carneiro

Sala de cirurgia nº 03

No dia 26 de março de 2008, escolheu-se a sala de cirurgia nº 3 para exame da qualidade do ar no decorrer do dia. Essa sala foi escolhida por que apresentava a escala de cirurgias mais longa para aquele dia, pois a sala de cirurgia nº1 estava desativada.

O motivo para isto era um problema de infiltração na laje do hospital, que provocava um vazamento de água para dentro do sistema de ar condicionado do *fan-coil* da sala nº1. Esta sala voltou a operar alguns dias depois, após a retirada da água do sistema.

Foram realizadas duas cirurgias na sala nº 3 nesse dia. Primeiramente uma histerectomia¹⁵ e, depois, uma cirurgia incluindo colecistectomia¹⁶ e gastroplastia¹⁷. Nesse dia, a temperatura

¹⁴ A contagem de pessoas na sala exclui o paciente e a responsável pela amostragem.

¹⁵ Cirurgia de remoção do útero

¹⁶ Cirurgia de remoção da vesícula

média externa era de 27°C e o tempo era nublado, com vento fraco da direção nordeste. A Figura 23 ilustra o momento da amostragem e a Figura 24 mostra um croquis simplificado dessa sala de cirurgia, indicando a posição da mesa onde foram colocados todos os amostradores e medidores. Essa mesa é a mesma usada para a amostragem na sala n°1 e ficou localizada a aproximadamente 1m da equipe médica, que ocupava o entorno da mesa de cirurgia. A sala de cirurgia n° 3 possui 22,5 m² e foi ocupada com 0 a 8 pessoas no decorrer do dia.



Figura 23: Amostragem na sala de cirurgia n°3

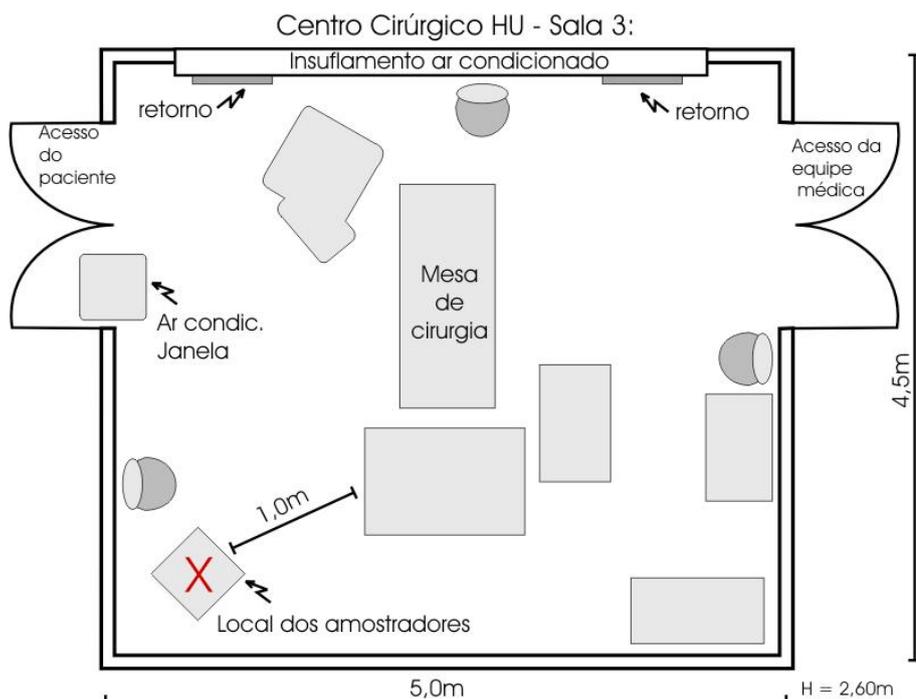


Figura 24: Croquis da sala de cirurgia nº3.

Amostragem de COV

A retirada de amostras para análise de COV foi feita em três momentos no decorrer do dia e, em cada momento, dois cartuchos foram amostrados. A Tabela 9, a seguir, apresenta os detalhes da amostragem de COV neste ambiente.

Tabela 9: Detalhes da amostragem de COV na Sala de cirurgia nº 3

Data	Amostra	Hora	Vazão de amostragem	Tempo de amostragem	Volume amostrado
26/03/2008	1	08:00 – 11:00	90 mL/min	56 min	5040 mL
	2		110 mL/min	46 min	5060 mL
	3	13:20 – 15:16	164 mL/min	31 min	5084 mL
	4		167 mL/min	30 min	5010 mL
	5	18:35 – 17:30	100 mL/min	50 min	5000 mL
	6		102 mL/min	50 min	5100 mL

Amostragem de bioaerossóis

Foram coletadas 24 amostras no decorrer do dia, 12 delas utilizaram meio de cultura seletivo para fungos e 12, meio de cultura seletivo para bactérias. A primeira amostragem do dia teve início às 7:15 h, antes da chegada do primeiro paciente, e a última amostragem do dia foi finalizada às 20:50 h, após a limpeza da sala depois da última cirurgia do dia.

Durante as amostragens, foram feitas medições da concentração de CO₂, temperatura e umidade relativa do ar. A Tabela 10 mostra os detalhes dessas amostragens e, também, do funcionamento da sala de cirurgia neste dia.

Tabela 10: Detalhes da amostragem de bioaerossóis na sala de cirurgia n° 3

Amostra	Hora	Meio de Cultura	Atividade na sala
-	6:55	-	Ligou-se o ar condicionado central
1	7:15 – 7:25	ASC	Ninguém na sala
2	7:30 – 7:40	ASC	Preparo da sala, e entrada do paciente (2 enfermeiras e anestesista).
3	7:52 – 8:02	ASD	
4	8:05 – 8:15	ASD	
-	9:30	-	Início da cirurgia. Ligou-se o AC de janela
5	10:10 – 10:20	ASD	Durante a cirurgia: equipe médica de 5 pessoas. Portas foram abertas e fechadas conforme a entrada e saída de pessoas. Tanto o sistema de ar condicionado central como a unidade de janela permanecem ligados.
6	10:25 - 10:35	ASD	
7	10:40 - 10:50	ASC	
8	10:55 - 11:05	ASC	
-	12:40	-	Término da primeira cirurgia
9	13:10 – 13:20	ASC	Após a limpeza da sala ¹⁸ , durante o preparo da mesma para a próxima cirurgia (2 enfermeiras)
10	13:20 – 13:30	ASC	
11	13:35 – 13:45	ASD	
12	13:45 – 13:55	ASD	
-	14:20	-	Início da segunda cirurgia
13	15:00 - 15:10	ASC	Durante a cirurgia: equipe médica de 8 pessoas. Portas foram abertas e fechadas conforme a entrada e saída de pessoas. Tanto o sistema de ar condicionado central como a unidade de janela permanecem ligados.
14	15:18 - 15:28	ASC	
15	15:30 - 15:40	ASD	
16	15:42 - 15:52	ASD	
17	17:40 - 17:50	ASC	
18	17:53 - 18:03	ASC	
19	18:05 - 18:15	ASD	
20	18:18 - 18:28	ASD	
-	18:40	-	Término da segunda cirurgia.
21	20:05 - 20:15	ASC	Após a limpeza da sala.
22	20:16 - 20:26	ASC	
23	20:28 - 20:38	ASD	
24	20:40 - 20:50	ASD	

* ASD: ágar Sabouraud dextrose; ASC: ágar sangue de carneiro

¹⁸ A limpeza da sala foi feita com pano úmido e água com pequena quantidade de hipoclorito de sódio.

4.5.4. Sistema de Ar Condicionado

Realizou-se, também, uma amostragem de bioaerossóis dentro da unidade FC-4 (*fan-coil* nº4) do sistema de ar condicionado do hospital. Essa unidade promove a climatização exclusiva da sala de cirurgia nº 3 do centro cirúrgico. Juntamente com a equipe de manutenção do hospital, retiraram-se chapas dos dutos de ventilação e posicionou-se o amostrador de bioaerossóis em diferentes pontos do sistema, para avaliar a eficiência de seus filtros. A Figura 25 apresenta uma representação esquemática dos locais amostrados e a Figura 26 mostra o momento da abertura do duto e da inserção do amostrador.

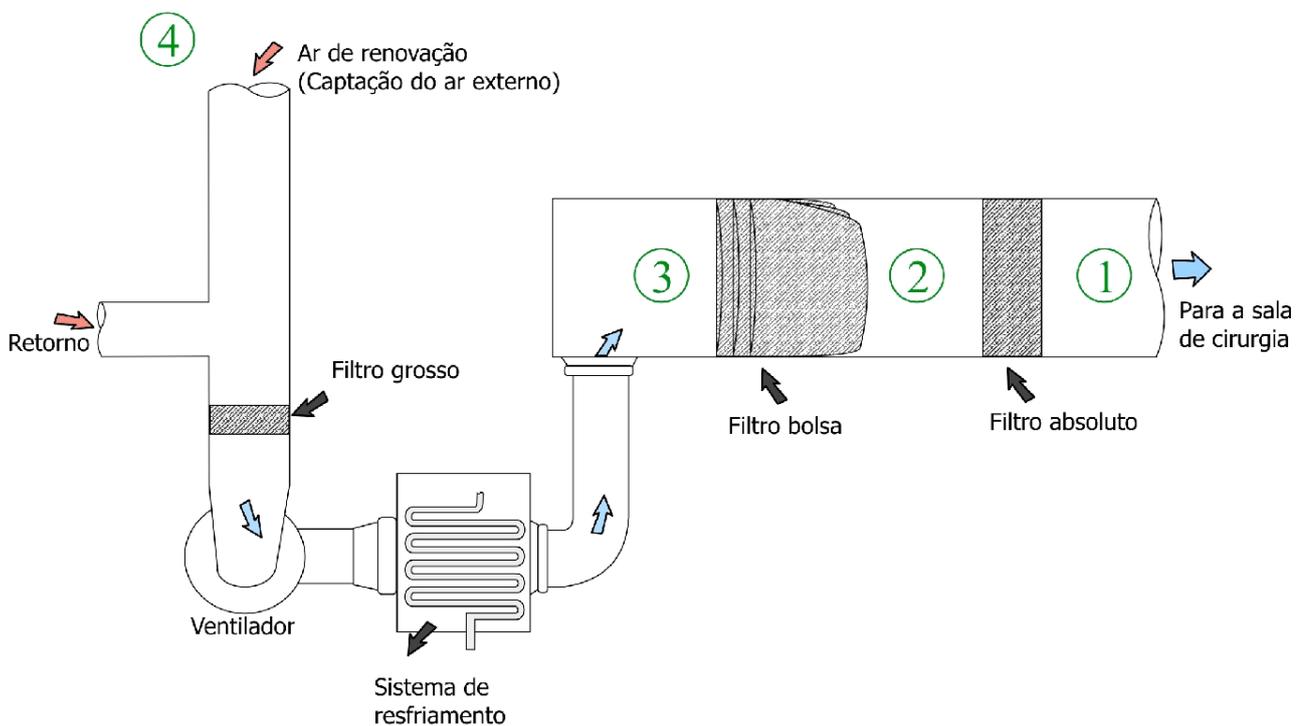


Figura 25: Pontos de amostragem (1,2,3) no sistema de ar condicionado e ponto 4 (no ambiente externo).



Figura 26: Amostragem no sistema de ar condicionado

Segundo a própria equipe de manutenção, os filtros haviam sido trocados dois meses antes da data da amostragem. Foram retiradas duas amostras de cada posição, totalizando 8 amostras, no meio de cultura ágar Sabouraud Dextrose (para observar o crescimento de fungos). Iniciou-se a amostragem no ponto mais à jusante do sistema, para evitar que uma possível contaminação do amostrador de Andersen, devido ao uso em condições mais concentradas, interferisse nos resultados, amostrando assim, na ordem numérica dos pontos: 1, 2, 3 e, finalmente, o ponto 4.

Verificou-se que só era possível ligar o amostrador após o fechamento do duto. Assim, o amostrador era ligado e só depois o filtro era colocado de volta no duto; depois o duto era fechado e o ventilador do ar condicionado era ligado. Este procedimento levava em torno de 30 segundos. Foi observado, então, que estava sendo amostrado o ar deste local externo, e, além disso, as placas de Petri tiveram que ser manuseadas nesse ambiente. Portanto, foi necessário, usar mais duas placas para amostragem durante um período de 30 segundos, para servir como testemunhas das condições do ambiente. A Tabela 11 mostra os detalhes dessas amostragens.

Tabela 11: Detalhes da amostragem de bioaerossóis no sistema de ar-condicionado

<i>Data</i>	<i>Amostra</i>	<i>Hora</i>	<i>Ponto de amostragem</i>
27/03/2008	1	15:20 – 15:21	0. Branco do local
	2	15: 25 – 15:26	
	3	15:30 – 15:40	1. A jusante do filtro absoluto
	4	15:45 – 15:55	
	5	16:05 – 16:15	
	6	16:20 – 16:30	2. Entre o filtro-bolsa e o filtro absoluto
	7	16:35 – 16:45	3. A montante do filtro-bolsa
	8	16:50 – 17:00	
	9	17:15 – 17:25	
	10	17:27 – 17:37	4. Ponto externo

Para o cálculo da eficiência (η) de cada filtro se utilizou a seguinte equação:

$$\eta = \frac{100 \times (A - B)}{A} (\%) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

η : Eficiência do equipamento (%)

A: Concentração média de bioaerossóis à montante do filtro

B: Concentração média de bioaerossóis à jusante do filtro

4.5.5. Ponto Externo (PE)

Para fins comparativos, realizaram-se amostras em um ponto externo ao hospital universitário, em uma clarabóia no 5º andar do prédio, pelo lado externo (Figura 27). Esse local permite o acesso ao telhado do hospital pela equipe de manutenção. Assim, é o local mais próximo de onde é feita a captação de ar para os sistemas *fan-coil* de ar condicionado central. Ele foi escolhido devido à dificuldade operacional de acesso ao ponto de tomada de ar.



Figura 27: Ponto externo de amostragem

Nesse local foi feita uma campanha de amostragens de COV e diversas campanhas de amostragens de fungos e CO₂. A Tabela 12 mostra os detalhes da amostragem de COV.

Tabela 12: Detalhes da amostragem de COV no ponto externo

<i>Amostra</i>	<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>Vazão de amostragem</i>	<i>Tempo de amostragem</i>	<i>Volume amostrado</i>
1	22/04/2008	15:25 – 16:56	160 mL/min	31min	4966 mL
2			161 mL/min	31 min	4991 mL

Quanto às análises microbiológicas, coletaram-se amostras apenas com o meio ágar Sabouraud dextrose, para comparar a concentração de fungos àquela dos ambientes internos. Foram coletadas 7 amostras no total, em 3 dias diferentes. Nas últimas três amostras coletadas, o volume amostrado foi de apenas 140L, e nas demais amostras foram coletados 280L. A Tabela 13, a seguir, mostra os detalhes das amostragens de fungos no ponto externo.

Tabela 13: Detalhes da amostragem de bioaerossóis no ponto externo

<i>Data</i>	<i>Amostra</i>	<i>Hora</i>	<i>Vazão de amostragem</i>	<i>Tempo de amostragem</i>	<i>Volume amostrado</i>
08/03/08	1	11:08 - 11:18	28 L/min	10 min	280L
	2	11:21 - 11:31	28 L/min	10 min	280L
	3	11:31 - 11:41	28 L/min	10 min	280L
25/03/08	4	17:40 - 17:50	28 L/min	10 min	280L
	5	15:30 - 15:35	28 L/min	5 min	140L
22/04/08	6	15:37 - 15:42	28 L/min	5 min	140L
	7	15: 43 – 15:48	28 L/min	5 min	140L

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, os resultados obtidos para a avaliação da qualidade do ar no Hospital Universitário da UFSC são apresentados e discutidos. Os resultados foram agrupados considerando os parâmetros de medição, para facilitar a sua visualização e a discussão, permitindo uma comparação entre os três ambientes estudados.

5.1. Velocidade das correntes e renovação de ar nos ambientes

Ao medir a velocidade das correntes e a renovação de ar nos diferentes ambientes estudados, observou-se que em nenhum momento a velocidade excedeu o valor máximo recomendado pela resolução RE nº9 da ANVISA (BRASIL, 2003), e pela ASHRAE, nos Estados Unidos (KWOC, 2004), de 0,25 m/s (Tabela 14). Isso significa que este parâmetro de conforto está sendo respeitado nos ambientes estudados, garantindo a movimentação do ar no ambiente interno sem causar incômodo ou afetar a produtividade dos usuários do ambiente.

Tabela 14: Velocidade das correntes de ar

<i>Local</i>	<i>n</i> *	<i>Velocidade [m/s]**</i>
UTI	5	0,16
UTN	5	0,09
CC – Sala 1	5	0,15
CC – Sala 3	5	0,10

*Tamanho da amostra (ou número de medições).

** Valor máximo medido.

Também foi feita uma aferição das vazões insufladas nas salas 1 e 3 do centro cirúrgico. Os resultados da velocidade e de vazão medidos nos locais estão descritos na Tabela 15.

Tabela 15: Vazão de insuflamento no centro cirúrgico

<i>Local</i>	<i>n</i> *	<i>Velocidade média [m/s]**</i>		<i>Área da seção retangular [m²]</i>	<i>Vazão Total [m³/h]</i>
		<i>Insuflador 1</i>	<i>Insuflador 2</i>		
CC – Sala 1	10	2,88	2,90	0,15	3.120
CC – Sala 3	10	3,06	2,05	0,15	2.755

*Tamanho da amostra (ou número de medições) por insuflador.

**Há dois insufladores de dimensões idênticas em cada sala.

A vazão de projeto de cada sistema é a mesma, de 2.516m³/h, dos quais 460 m³/h vem do ar externo, o que dá uma taxa de recirculação de aproximadamente 82%. Assim, considerando-se esses valores de projeto e as vazões efetivamente medidas (Tabela 15), verificou-se uma taxa de renovação do ar suficiente para uma ocupação de 10 pessoas em cada sala de cirurgia, o que corresponde à ocupação máxima observada (Tabela 16).

Tabela 16: Taxa de renovação de ar

<i>Local</i>	<i>ocupação máxima observada</i>	<i>Vazão do ar de renovação [m³/h]</i>	<i>Taxa de renovação do ar [m³/h.pessoa]</i>	<i>Trocas de ar por hora</i>	<i>Ocupação máxima calculada [pessoas]</i>
CC – Sala 1	10	570,4	57,0	44	21
CC – Sala 3	10	503,7	50,4	47	19

Considerando-se 10 pessoas em cada sala, observou-se que a taxa de renovação medida para cada sala foi superior a 27m³/h.pessoa, valor recomendado pela resolução RE n° 09 da ANVISA (BRASIL, 2003). Calculou-se, também, qual seria a ocupação máxima de cada sala obedecendo a este requisito. Observou-se que, ainda com 21 e 19 pessoas nas salas de cirurgia n° 01 e 02, respectivamente, seria obedecida a legislação.

O número de trocas de ar por hora, 44 para a Sala 1 e 47 para a Sala 2, foi superior àquele recomendado pelo Centro de Controle de Doenças (CDC) e pela Associação Americana de Hospitais, dos Estados Unidos, que indicam 25 trocas de ar por hora com 20% de renovação do ar (LIMA DE PAULA, 2003). Este resultado confirmou que o sistema de ar condicionado dos ambientes estudados se encontra operando de maneira apropriada em relação à sua vazão.

O correto grau de troca do ar de ambientes hospitalares é fundamental para garantir que não esteja ocorrendo acúmulo de possíveis contaminantes do ar interno, que poderiam prejudicar não somente a saúde do paciente mas também da equipe médica.

5.2. Concentração de CO₂, temperatura e umidade relativa do ar nos ambientes

Os resultados da concentração de CO₂, temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) obtidos para cada ambiente foram apresentados na Tabela 17. Os valores de temperatura e umidade apresentaram uma variação ligeira, o que pode ser observado pela magnitude do intervalo de confiança da média.

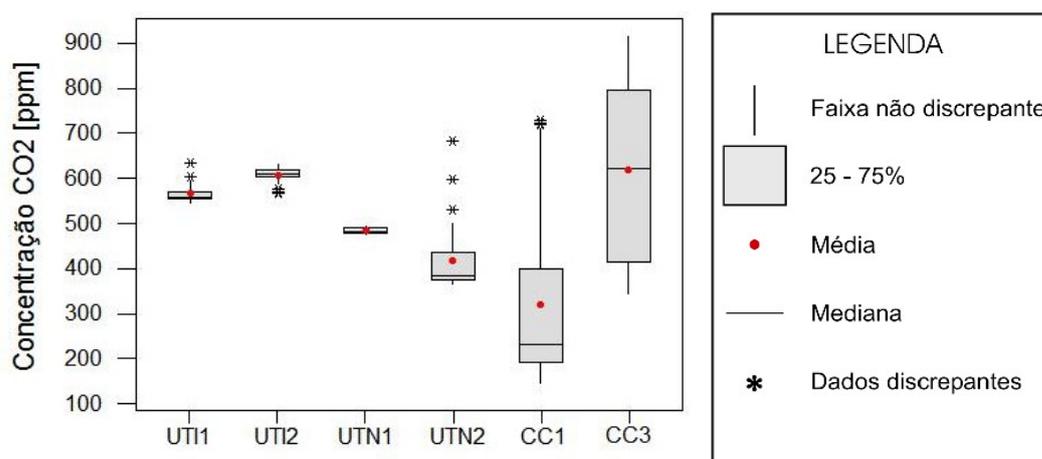
Tabela 17: Concentração de CO₂, temperatura e umidade nos ambientes

Local	Data	Hora	n*	CO ₂ [ppm]		T [°C]	UR [%]
				média	máximo		
UTI	25/03/08	16:10 – 16:30	21	567 ± 10	635	24,6 ± 0,1	64,6 ± 0,2
UTI	31/03/08	08:35 – 09:25	51	608 ± 6	631	25,0 ± 0,0	64,7 ± 0,2
UTN	08/03/08	11:40 – 11:53	14	484 ± 3	495	28,4 ± 0,2	51,1 ± 0,1
UTN	25/03/08	14:40 – 15:11	32	417 ± 2	685	26,1 ± 0,1	51,1 ± 0,2
CC – Sala 1	31/03/08	07:20 – 18:24	422	321 ± 19	729	23,8 ± 0,1	59,1 ± 0,2
CC – Sala 3	26/03/08	07:20 – 20:31	163	618 ± 30	917	25,7 ± 0,1	51,7 ± 0,7

*Tamanho da amostra (ou número de medições). Os valores representam as médias de cada conjunto de dados juntamente com o seu intervalo de 95% de confiança. Para o CO₂ também é apresentado o valor máximo observado.

Em relação à temperatura dos ambientes, apenas a UTN apresentava-se acima da faixa recomendada (de 20 a 27°C) pela resolução RE n° 9 da ANVISA (BRASIL, 2003). Esse fato ocorreu no dia 08/03/2008 e a diferença foi de 1,4°C, provavelmente por que as medições foram efetuadas na estação mais quente do ano. Quanto à umidade relativa do ar, todos os ambientes operavam dentro da faixa recomendada (de 40% a 65%) pela ANVISA. KWOC (2004) cita a temperatura e a umidade relativa, juntamente com a velocidade das correntes de ar, como fatores determinantes no conforto térmico dos usuários de uma edificação. Assim, considerando-se os resultados obtidos é possível afirmar que as condições de conforto dentro do hospital universitário estão sendo satisfeitas.

Observou-se que em nenhum momento a concentração de CO₂ ultrapassou o limite de 1000 ppm recomendado pela ANVISA. O Gráfico 1 apresenta os valores da concentração de CO₂ nos diferentes locais de estudo.

Gráfico 1: Diagrama de caixas das medições de CO₂ nos três ambientes

Como o número de medições foi diferente em cada dia de amostragem, são compreensíveis as diferenças visuais entre os diagramas de caixas de cada medição. Foram feitas medições em

cada ambiente em dois dias diferentes, e cada um destes é representado por uma coluna no diagrama (ex: UTN1 e UTN2 representam, respectivamente, as duas medições realizadas na UTI neonatal). Observaram-se diferenças significativas entre os valores medidos, o que pode ser explicado pelo fato de a concentração de CO₂ ser diretamente dependente do grau de ocupação do ambiente. Em quase todos os ambientes avaliados, excluindo-se apenas as salas do centro cirúrgico, observou-se que a equipe médica, as visitas e os pacientes entravam e saíam dos ambientes freqüentemente.

Em relação às salas de cirurgia, uma análise visual do diagrama de caixas permite observar diferenças significativas nas concentrações de CO₂ de uma sala de cirurgia em relação à outra. Na sala de cirurgia n^o1, observaram-se valores mais baixos para a concentração de CO₂, com um valor mínimo observado de 146ppm.

É possível que a ocorrência de uma cirurgia nessa sala, com mais de 7 horas de duração, tenha contribuído para esse resultado. Durante a cirurgia, o paciente foi mantido inconsciente através de sedativo por via intravenosa e também por via aérea, porém em menor intensidade. Observou-se que o equipamento de respiração artificial insuflava ar sintético com 50% de oxigênio para o paciente. Por sua vez, o ar expirado pelo paciente era filtrado por um material adsorvente, para remover o CO₂ e qualquer sedativo remanescente. O sistema funcionava a uma vazão de 1L/min e o efluente gasoso era lançado na sala de cirurgia. Assim, verificou-se que houve introdução de 500mL/min de oxigênio na sala e mais 500mL/min de ar sintético sem CO₂, o que pode ter contribuído para a queda da concentração deste gás. Depois do término da cirurgia se observa um aumento na concentração de CO₂ no ambiente, provavelmente devido ao desligamento desse aparelho.

Quando se observam as médias horárias da concentração de CO₂ e do grau de ocupação da sala de cirurgia n^o 1 (Gráfico 2), percebe-se que o período com maior concentração de CO₂ foi também o período com maior ocupação da sala. Observou-se, também, um decréscimo na taxa de ocupação da sala no período das 13 às 17 horas, o que, juntamente com a inserção de ar desprovido de CO₂ no ambiente, acarretou uma redução da concentração de CO₂ abaixo do nível médio no ambiente externo (de 321ppm).

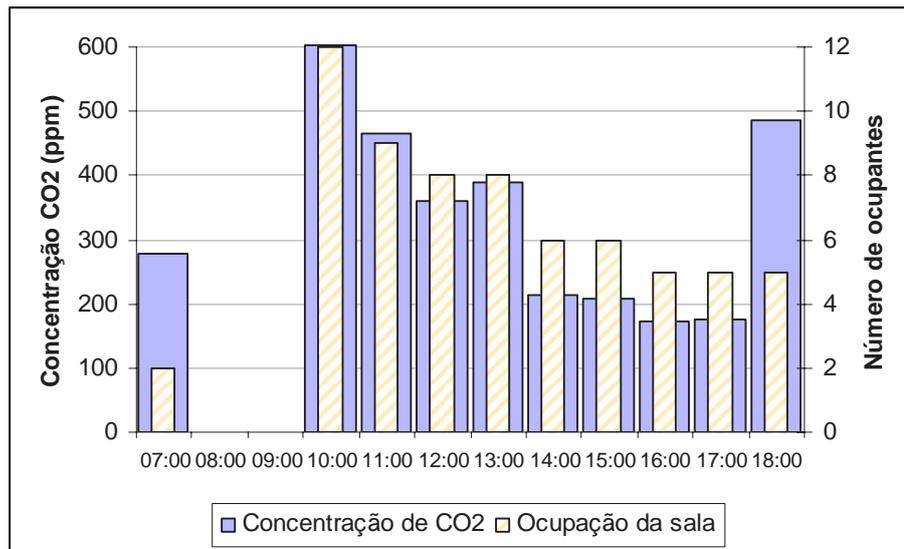


Gráfico 2: Concentração de CO₂ e grau de ocupação na sala de cirurgia nº 1

Considerando-se apenas os dados obtidos durante as cirurgias (das 10:00 às 17:00h), observou-se uma excelente correlação ($R = 0,99$) entre a concentração de CO₂ e o grau de ocupação da sala (Gráfico 3). As concentrações de CO₂ mais altas no início e no fim do dia devem-se, provavelmente, à abertura de portas, à movimentação da equipe para dentro e fora da sala e ao desligamento do sistema de ar condicionado.

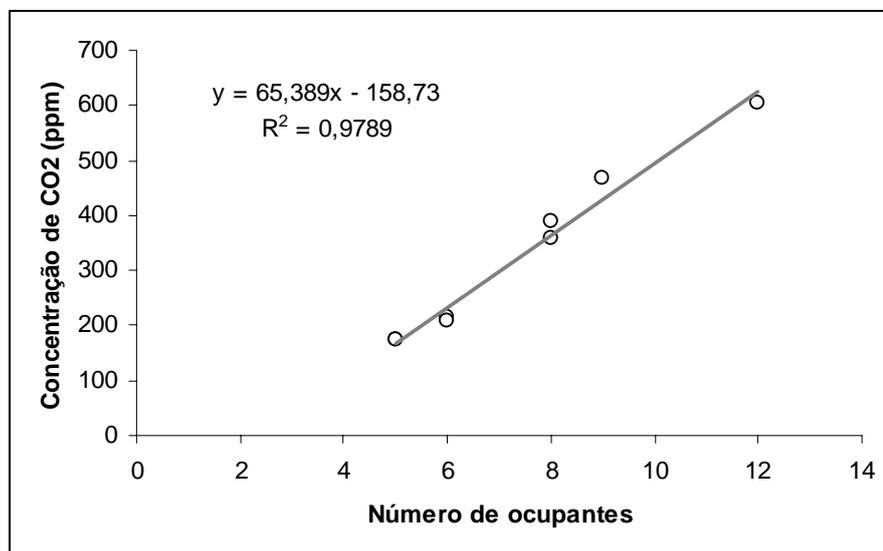


Gráfico 3: Relação entre a concentração de CO₂ e o grau de ocupação da sala de cirurgia nº 1

Gráficos foram obtidos para a sala de cirurgia nº 3, onde são apresentadas as médias horárias de concentração de CO₂ e o grau de ocupação da sala (Gráfico 4).

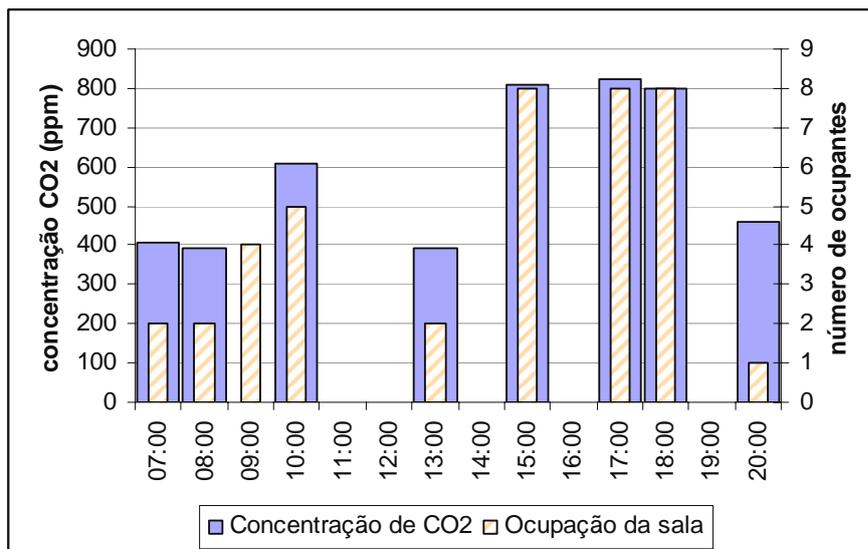


Gráfico 4: Concentração de CO₂ e grau de ocupação na sala de cirurgia nº 3

O Gráfico 5 apresenta a correlação entre estes mesmos dados, medidos na sala de cirurgia nº 3. Nesse ambiente, também observou-se uma boa relação entre a concentração de CO₂ e o número de pessoas no ambiente.

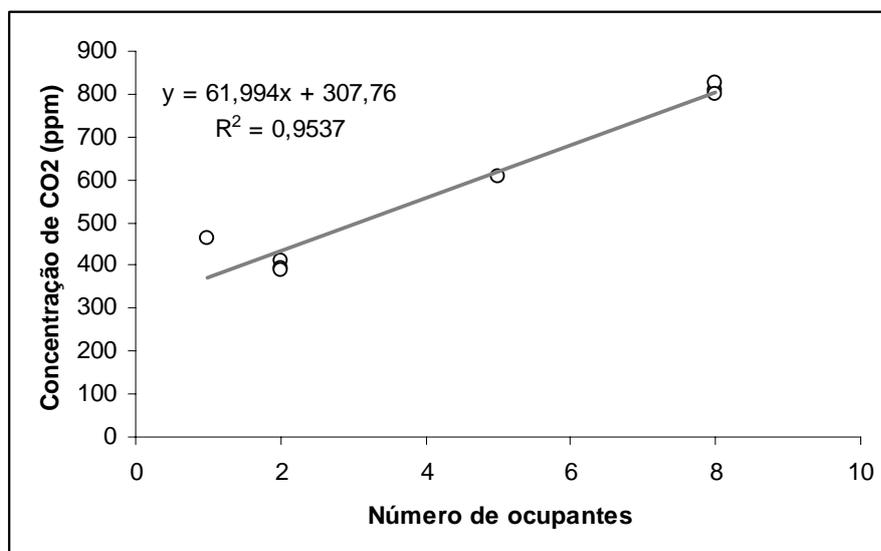


Gráfico 5: Relação entre a concentração de CO₂ e o grau de ocupação da sala de cirurgia nº 3

5.3. Avaliação qualitativa de COV nos ambientes

A análise exploratória da presença de COV nos ambientes internos hospitalares estudados foi feita utilizando-se 17 amostras. Como pode ser observado no Quadro 7, foram detectados COV apenas na UTI e nas duas salas avaliadas no centro cirúrgico. O único composto identificado simultaneamente nesses três locais foi um composto orgânico de função mista álcool-alceno (4-penten-2-ol). Na sala de cirurgia nº1, o único composto aromático

identificado foi o etilbenzeno, em apenas uma amostra retirada dessa sala. Spengler, Chen e Dilwali (2004) citam, como principais fontes de etilbenzeno no ar interno: cola de papel de parede, espuma de insulamento, madeira aglomerada e compensada, materiais selantes, produtos desengordurantes e de limpeza. Como não há materiais de madeira na sala (exceto as próprias portas), pois toda a mobília é metálica, a hipótese mais plausível é que este composto fosse oriundo de algum produto de limpeza aplicado anteriormente.

A família de COV mais freqüente foi a dos alcanos, encontrada em 24% das amostras analisadas.

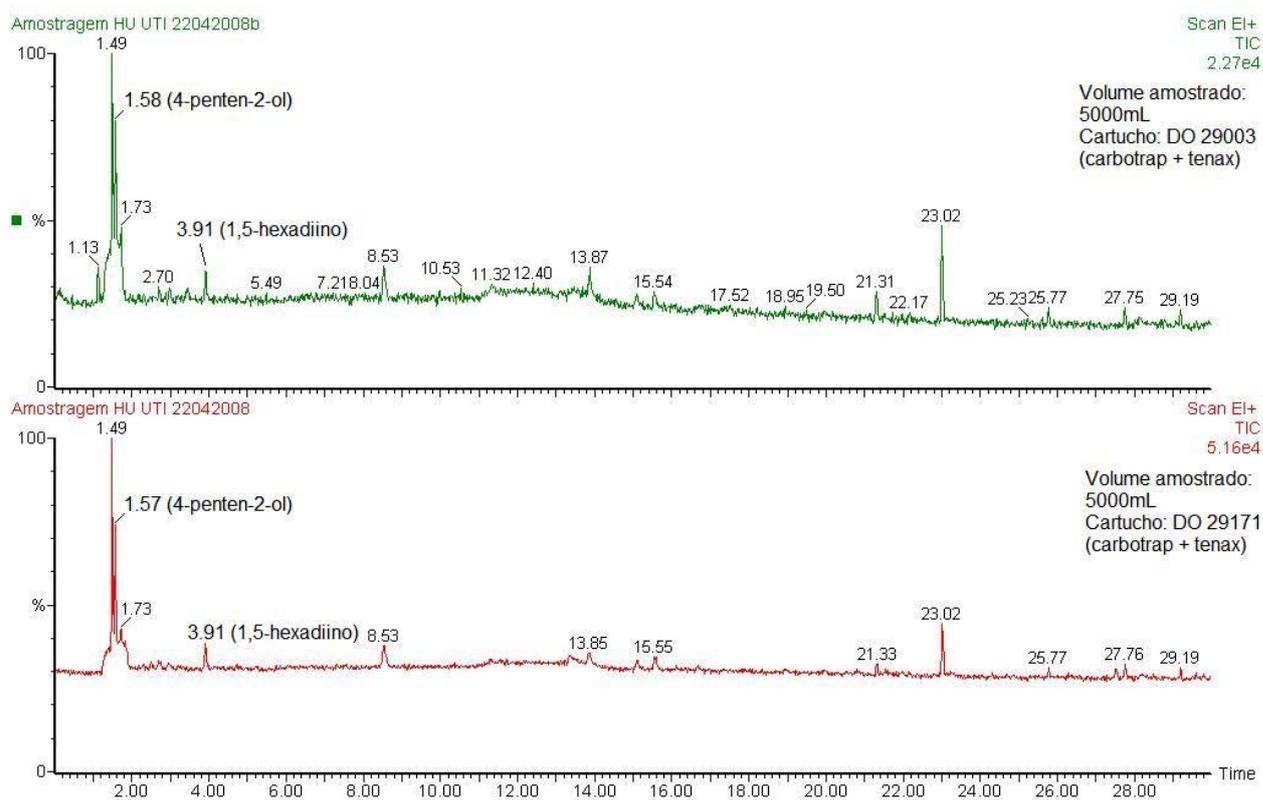
Quadro 7: Compostos orgânicos voláteis identificados em cada ambiente de estudo.

<i>Composto</i>	<i>Ambiente*</i>	<i>PM**</i> <i>[g/mol]</i>	<i>Fórmula</i> <i>química</i>	<i>Família</i>
Isobutano	CC1; CC3	58	C ₄ H ₁₀	alcano
2-penteno	CC1	70	C ₅ H ₁₀	alceno
2-metilbutano	CC1	72	C ₅ H ₁₂	alcano
1,5-hexadiino	UTI	78	C ₆ H ₆	alcino
2-etil-1-buteno	CC1	84	C ₆ H ₁₂	alceno
1-hexeno	CC1	84	C ₆ H ₁₂	alceno
4-metil-1-penteno	CC3	84	C ₆ H ₁₂	
4-penten-2-ol	CC1; CC3; UTI	86	C ₅ H ₁₀ O	álcool
2-metilpentano	CC1	86	C ₆ H ₁₄	alcano
ácido-2-oxo-propanóico	CC3	88	C ₃ H ₄ O ₃	ác. carboxílico
2-nitropropano	CC3	89	C ₃ H ₇ O ₂ N	alcano
1,6-heptadiino	CC1	92	C ₇ H ₈	alcino
1-cloro-2-metilpropano	CC3	92	C ₄ H ₉ Cl	alcano
3-hexenal	CC1	98	C ₆ H ₁₀ O	aldeído/alceno
heptano	CC1	100	C ₇ H ₁₆	alcano
etilbenzeno	CC1	106	C ₈ H ₁₀	aromático
1,6 heptanien-4-ol	CC3	112	C ₇ H ₁₂ O	álcool
bis(1,1-dimetiletil) nitróxido	CC1	144	C ₈ H ₁₈ N	nitróxido
hexafluor-dimetilsulfeto	CC1; CC3	170	C ₂ F ₆ S	haleta orgânico/sulfurado
2,3-dimetilpentano	CC1	206	C ₇ H ₁₆	alcano
pentadecafluorotanal	CC1	398	C ₈ HOF ₁₅	haleta orgânico/álcool

*CC1: Sala nº 1 do centro cirúrgico; CC3: Sala nº 3 do centro cirúrgico; UTN: UTI neonatal.

** Peso molecular.

Os dois compostos identificados na UTI têm seus picos indicados em ambos os cromatogramas (Gráfico 6). Os demais picos que podem ser observados não puderam ser identificados pelo equipamento, ou tiveram uma probabilidade de identificação inferior a 75%, sendo, assim, caracterizados como ruídos de análise ou sangramento¹⁹ da coluna cromatográfica.



¹⁹ Sangramento: Desprendimento de compostos da fase fixa (coluna) ou de outras partes do processo de amostragem e separação dos compostos de interesse, que são depois detectados pelo equipamento como “ruídos” da análise ou como pertencentes à amostra.

O Gráfico 7 mostra os cromatogramas das amostras coletadas na UTI neonatal (UTN) do HU/UFSC. Nenhum pico foi identificado com mais de 75% de certeza, comparando-se os seus espectros de massa com os da biblioteca NIST.

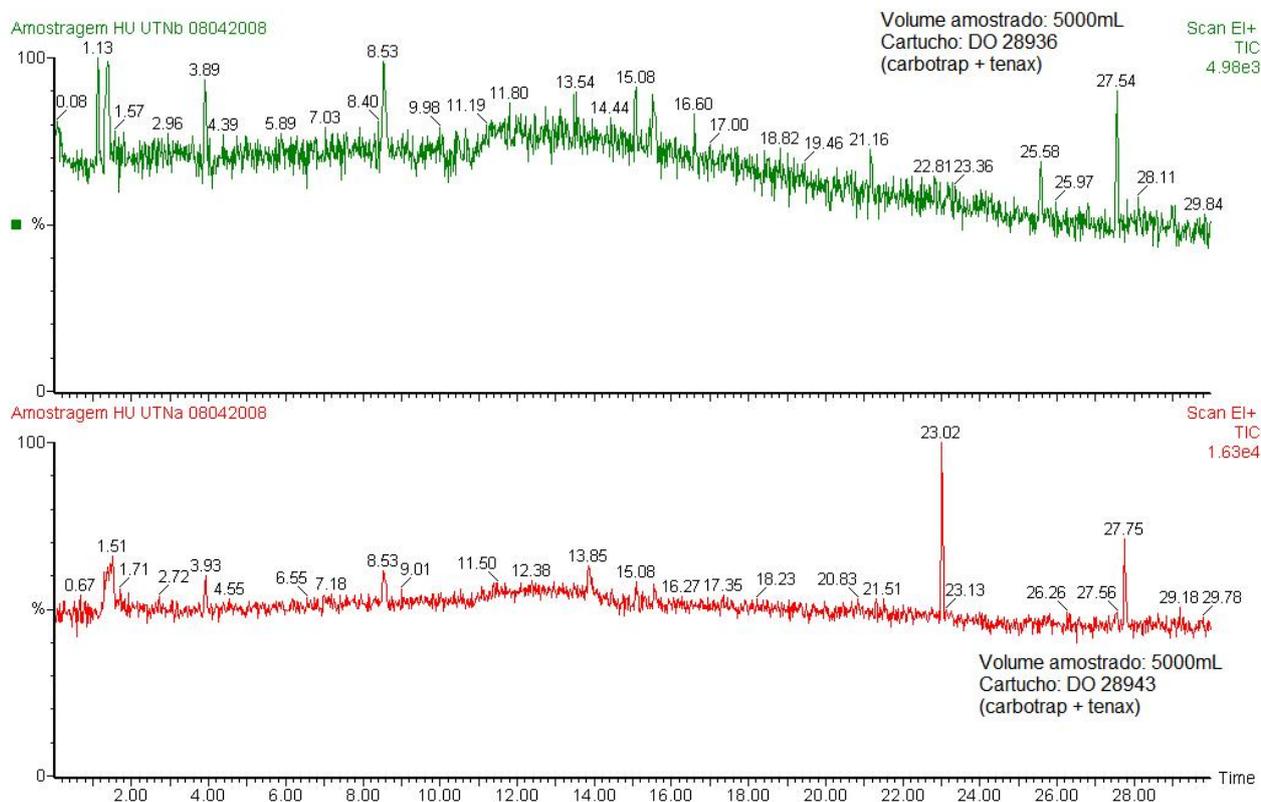
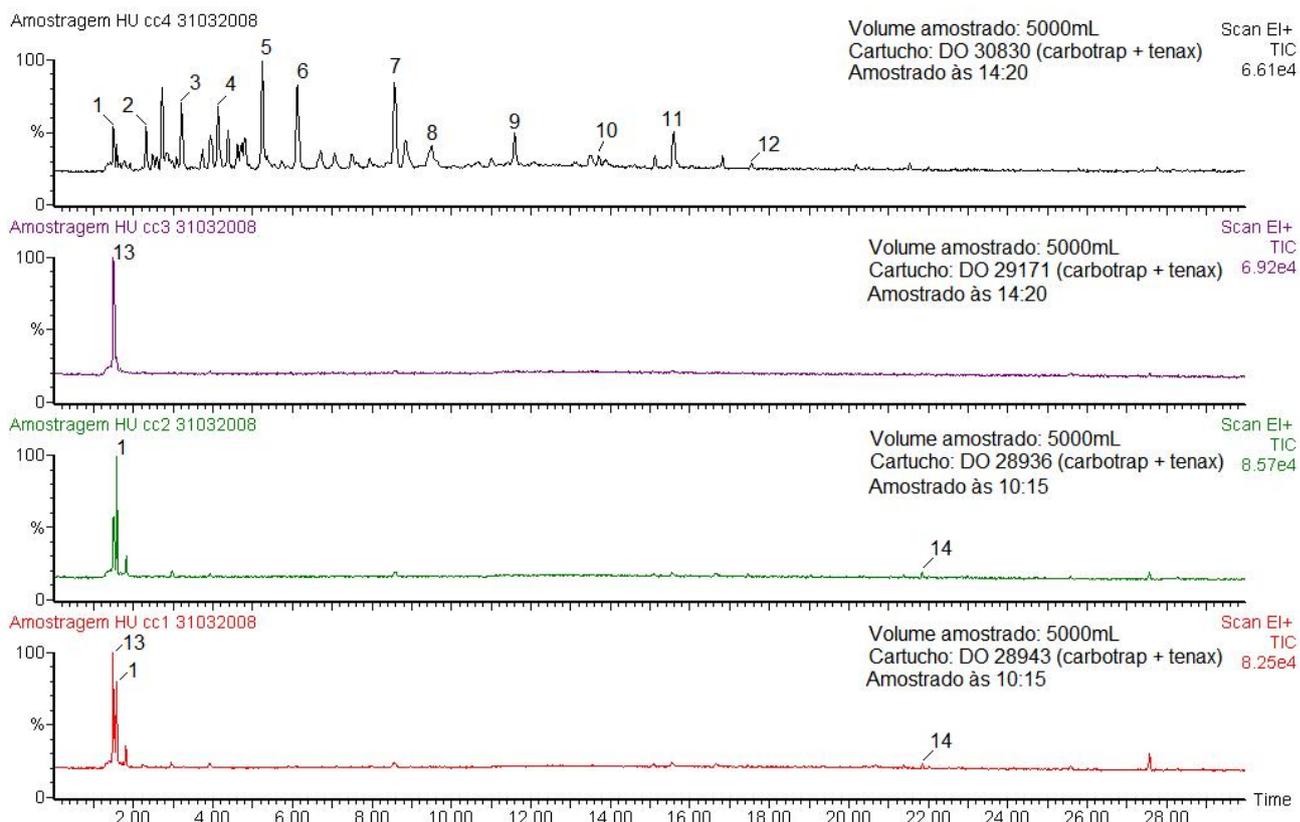


Gráfico 7: Cromatogramas das amostras coletadas na UTN

Já no Gráfico 8, são apresentados os cromatogramas de cada amostra coletada na sala 1 do centro cirúrgico. Primeiramente são mostrados os quatro cromatogramas das quatro primeiras amostras, coletadas de duas em duas no decorrer do dia. Os picos foram numerados e os nomes dos compostos referentes a cada pico identificado estão na legenda, logo abaixo do gráfico. Em seguida, é exibido o cromatograma da amostra retirada diretamente na saída do sistema de respiração artificial do paciente.



Legenda

1	4-penten-2-ol	8	2-penteno
2	2-metilpentano	9	2,3-dimetilpentano
3	1-hexeno	10	2-etil-1-buteno
4	bis(1,1-dimetiletil) nitróxido	11	etilbenzeno
5	heptano	12	Isobutano
6	3-hexenal	13	hexafluor-dimetilsulfeto
7	1,6-heptadiino	14	2-metilbutano

Gráfico 8: Cromatogramas das amostras coletadas na sala nº 1 do centro cirúrgico

Neste mesmo local (sala nº 1 do centro cirúrgico), uma amostra foi coletada diretamente da saída do sistema de respiração artificial, para verificar a presença de algum composto remanescente do processo de sedação do paciente. O único composto identificado nessa amostra foi o pentadecafluorotanal, um hidrocarboneto de função mista (haleto orgânico e álcool), com alto peso molecular (Gráfico 9). Esse composto apresenta a mesma função química dos sedativos usados, o isoflurano e o sevoflurano, que também são HC de função mista, (haleto orgânico fluorados e álcool).

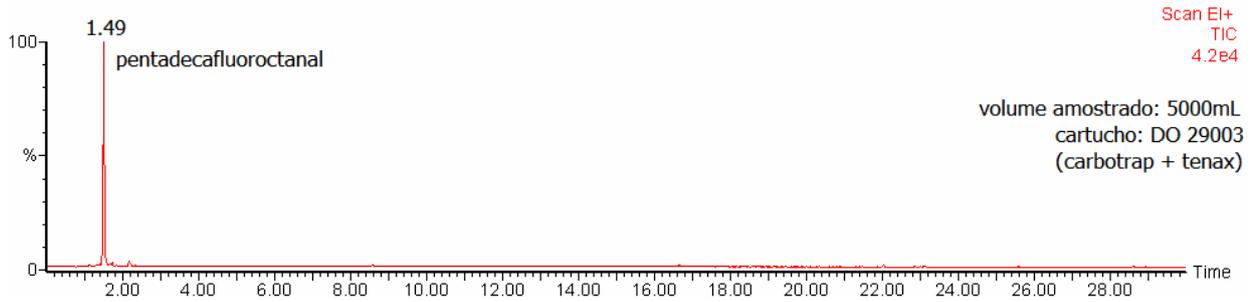
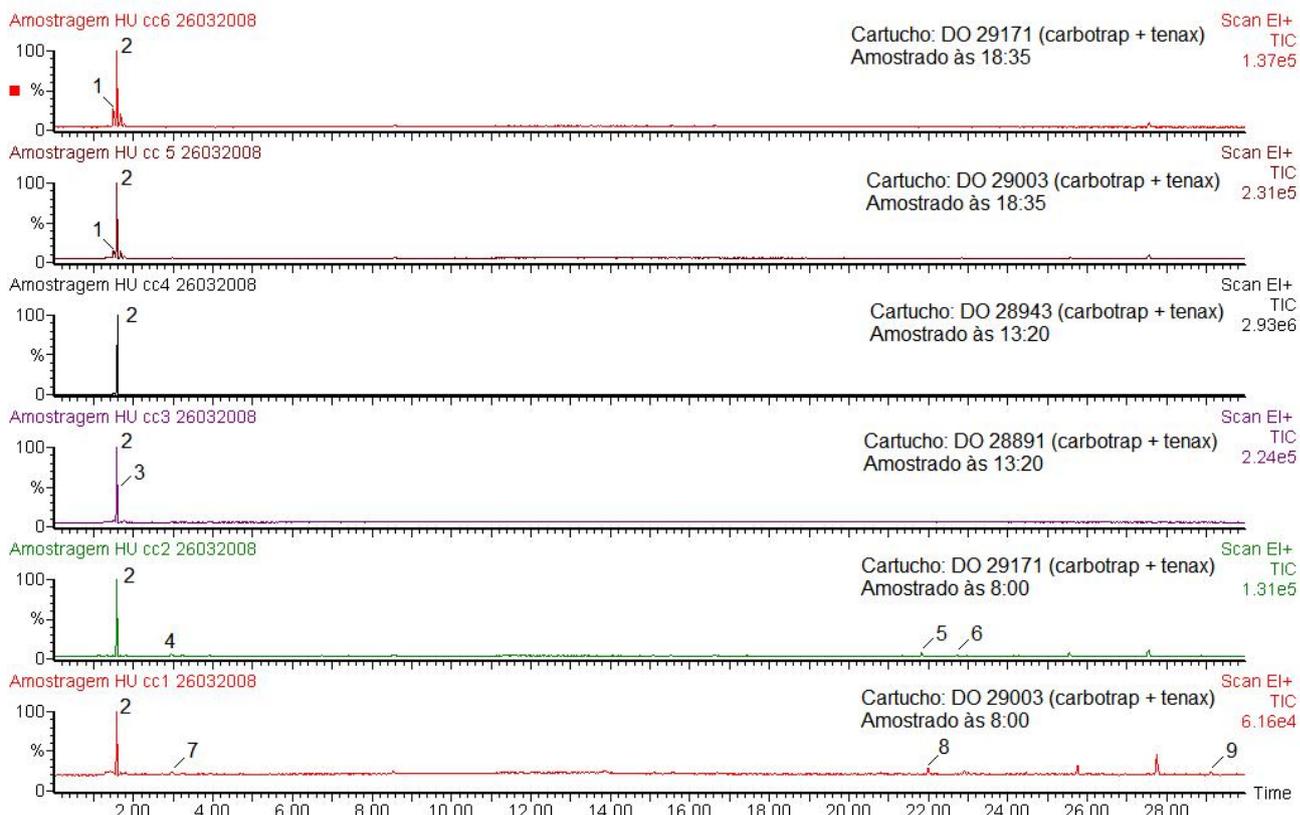


Gráfico 9: Cromatograma da amostra coletada na saída do sistema de respiração artificial

É possível que este pico seja, na realidade, a soma dos dois compostos (isoflurano e sevoflurano), já que a soma das massas moleculares dos dois compostos (384,5g/mol) se aproxima bastante da massa molecular deste pico (398g/mol). Os dois compostos têm funções orgânicas muito similares e pontos de ebulição próximos e, assim, é possível que com a ionização eles tenham se combinado durante a análise, formando um só pico no cromatograma. O aparelho então gera, então, um espectro de massas para cada pico, quer este seja de um composto ou de uma mistura de compostos.

A seguir são apresentados os cromatogramas das amostras coletadas na sala nº 3 do centro cirúrgico (Gráfico 10). Da mesma forma que no caso anterior, os compostos referentes a cada pico identificado são apresentados na legenda, logo abaixo do gráfico.



Legenda

1	hexafluor-dimetilsulfeto	6	1,6 heptanien-4-ol
2	4-penten-2-ol	7	Isobutano
3	ácido-2-oxo-propanóico	8	1-cloro-2-metilpropano
4	Isobutano	9	2-nitropropano
5	4-metil-1-penteno		

Gráfico 10: Cromatogramas das amostras coletadas na sala nº 3 do centro cirúrgico

A seguir são apresentados os cromatogramas dos dois cartuchos coletados no ponto externo ao Hospital Universitário (Gráfico 11). Nenhum dos picos observados foi identificado com sucesso pelo espectrômetro de massa, sendo todos, então, qualificados como ruídos de análise.

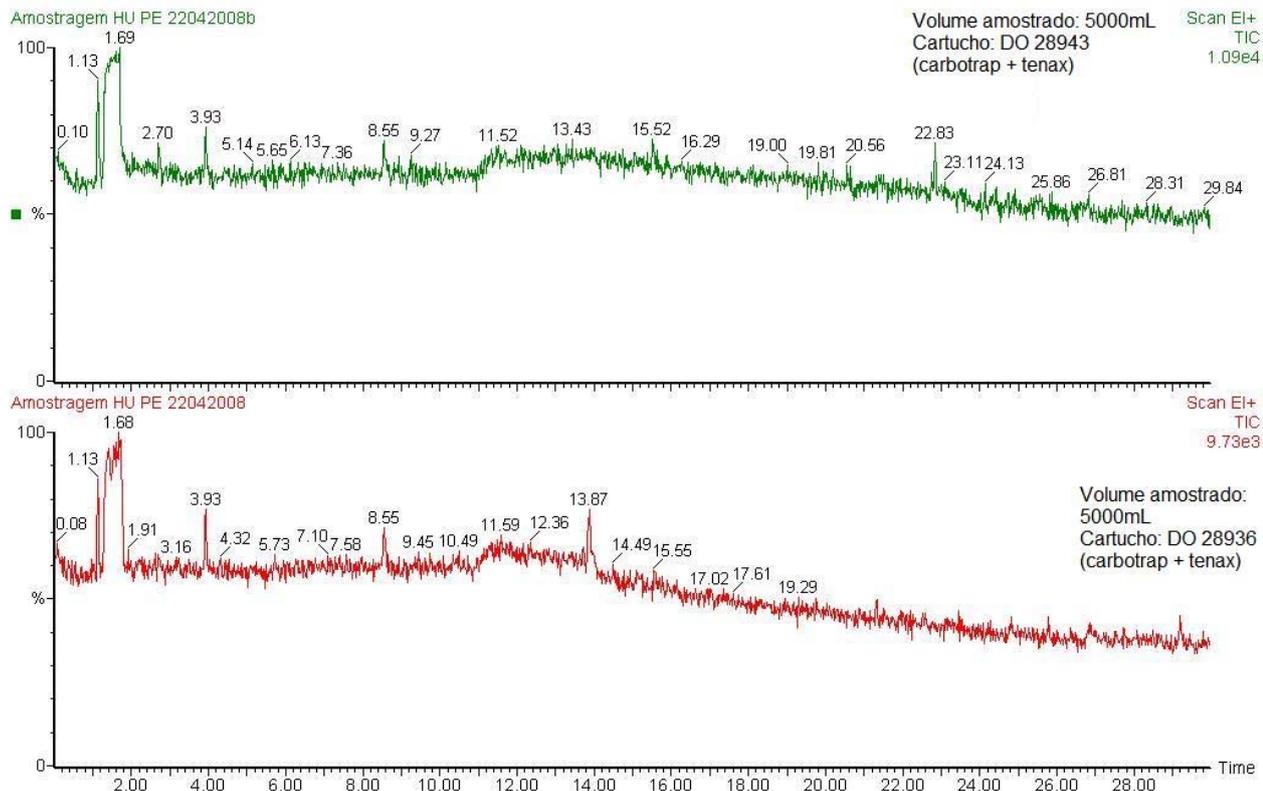


Gráfico 11: Cromatogramas das amostras coletadas no ponto externo

O número de compostos orgânicos voláteis (COV) identificados em todos os ambientes é pequeno se comparado aos resultados de outros estudos disponíveis em literatura. Nenhum COV foi obtido nas amostras retiradas da UTN, nem no ponto externo, em quantidade suficiente para permitir sua identificação. É possível que esse resultado deva-se ao fato de que no Brasil, com temperaturas mais amenas, os edifícios sejam menos selados ao ar externo, e as janelas sejam abertas com maior frequência do que em países no hemisfério norte (de onde vem a maioria das publicações no assunto). Desta forma, com a maior troca de ar com o ambiente externo, diminui o acúmulo de COV provenientes da evaporação de produtos químicos (produtos de limpeza, tintas e vernizes) ou máquinas e processos do ambiente interno.

5.4. Concentração de bioaerossóis nos ambientes

5.4.1. Amostragem Passiva

Quando se observam os resultados obtidos para a amostragem passiva de fungos filamentosos, na UTI neonatal (Tabela 18), é possível perceber a grande variabilidade de resultados obtidos para um mesmo dia de amostragem e a grande quantidade de dados nulos, que correspondem a 21,2% das amostras.

Tabela 18: Detalhes da amostragem passiva de fungos na UTN

Data	Número de amostras	Tempo de exposição	Nº de colônias observadas (média)**	Concentração UFC/m ² .h* (média)**	
				por tempo de exposição	por data
03/01/08	1	10 min	2	1.886	1205
	1	30 min	3	943	
	1	60 min	5	786	
09/01/08	1	10 min	0	0	419
	1	30 min	1	314	
	1	60 min	6	943	
15/01/08	3	10 min	1,5	1415	734
	3	30 min	2,3	629	
	3	60 min	4	629	
25/01/08	3	10 min	1	943	803
	3	30 min	3	943	
	3	60 min	3,3	524	
08/03/08	3	10 min	1	943	192
	3	30 min	1	314	
	3	60 min	1	157	

* Unidades Formadoras de Colônia por hora e por metro quadrado.

** Os dados nulos (placas sem crescimento de fungos) não foram considerados no cálculo da média.

Esse comportamento pode ser melhor observado num diagrama de pontos, onde cada ponto representa um dado coletado, conforme é apresentado no Gráfico 12.

Tabela 19: Concentração de bioaerossóis nos ambientes

<i>Local</i>	<i>Data</i>	<i>Concentração média [UFC/m³]</i>		
		<i>Fungos (ASD)*</i>	<i>Bactérias (ASC)*</i>	<i>Total (ASC+ASD)</i>
UTI	25/03/08 (tarde)	191	162	353
UTI	31/03/08 (manhã)	86	843	929
UTN	08/03/08 (manhã)	62	54	116
UTN	25/03/08 (tarde)	351	337	688
CC – Sala 1	31/03/08	133	38	171
CC – Sala 3	26/03/08	160	189	349
PE**	08/03/08 (manhã)	436	***	
PE	25/03/08 (tarde)	650	***	
PE	22/04/08 (tarde)	726	***	

*ASD: amostras coletadas com ágar Sabouraud Dextrose, contando-se somente os fungos filamentosos; ASC: amostras coletadas com ágar Sangue de Carneiro, contando-se somente as colônias de bactérias.

** PE: Ponto externo

*** Dado faltante (não foi amostrado)

Percebeu-se que tanto na UTI quanto na UTN, a concentração de fungos foi maior no período da tarde. Entretanto, a concentração de bactérias na UTI, foi maior no período da manhã. Neste caso, de forma contraditória, o valor obtido para a alta concentração de bactérias no ar não estava acompanhada de uma alta concentração de fungos ou de uma alta taxa de ocupação no local.

Embora os meios de cultura utilizados, ágar Sabouraud dextrose e ágar sangue de carneiro, apresentem um certo grau de seletividade, e favoreçam o crescimento de fungos e bactérias, respectivamente, observou-se um crescimento elevado de colônias de aparência cremosa no ASD. Tais colônias poderiam ser de leveduras (fungos não filamentosos) mas poderiam, também, ser de natureza bacteriana. Já nas 31 placas coletadas com ASC, quatro apresentaram o crescimento de fungos, correspondendo a 12,9% das amostras. A contagem total de microorganismos em ASD pode ser visualizada na Tabela 20.

Tabela 20: Concentração total de bioaerossóis coletados com ASD

<i>Local</i>	<i>Data</i>	<i>Concentração média [UFC/m³]</i>		
		<i>fungos filamentosos</i>	<i>bactérias e leveduras</i>	<i>contagem total</i>
UTI	25/03/08 (tarde)	191	120	311
UTI	31/03/08 (manhã)	86	134	220
UTN	08/03/08 (manhã)	62	50	112
UTN	25/03/08 (tarde)	351	329	680
CC – Sala 1	31/03/08	133	20	153
CC – Sala 3	26/03/08	160	-	-

Mesmo levando em consideração a contagem total de microorganismos em ágar Sabouraud dextrose (ASD), e não apenas fungos filamentosos (Tabela 20), os valores observados em todos os ambientes estudados não ultrapassaram o valor máximo recomendado pela resolução RE nº 9 da ANVISA, de 750 UFC/m³ (BRASIL, 2003).

A relação entre a concentração de fungos filamentosos observada nos ambientes internos e no ambiente externo (I/E) encontrava-se muito abaixo do valor máximo recomendado pela resolução RE nº 9 da ANVISA, que é de 1,5 (BRASIL, 2003). Para este cálculo, utilizou-se a média dos resultados obtidos no ambiente externo, de 591 UFC/m³ (Tabela 21).

Tabela 21: Relação I/E

<i>Local</i>	<i>Data</i>	<i>Relação I/E</i>
UTI	25/03/08 (tarde)	0,3
UTI	31/03/08 (manhã)	0,1
UTN	08/03/08 (manhã)	0,1
UTN	25/03/08 (tarde)	0,6
CC – Sala 1	31/03/08	0,2
CC – Sala 3	26/03/08	0,3

Um resultado superior a 1,0 para esta relação permitiria assumir que há acúmulo de contaminantes biológicos no ambiente interno. Nos ambientes avaliados, a concentração de fungos filamentosos foi substancialmente inferior à concentração do ambiente externo. Kim e Kim (2007) também obtiveram resultados similares para a relação I/E em edifícios públicos na Coreia.

5.4.3. Concentração de microorganismos e grau de ocupação dos ambientes

Para determinar o parâmetro microbiológico (concentração de fungos ou de bactérias) que melhor representasse o grau de ocupação do ambiente, escolheram-se os resultados obtidos para as salas do centro cirúrgico. A escolha das salas do centro cirúrgico para determinação

desse indicador baseou-se no fato de haver nessas salas maior quantidade de dados ao longo de um mesmo dia e, além disso, foram determinantes a baixa intensidade de movimentação de pessoas para dentro e fora do ambiente assim como menor a movimentação de equipamentos pesados (como na UTI e na UTN). A concentração média horária de fungos filamentosos e de bactérias e o número de ocupantes no ambiente, medidos nas salas de cirurgia n° 1 e n° 3 do centro cirúrgico são apresentadas no Gráfico 13.

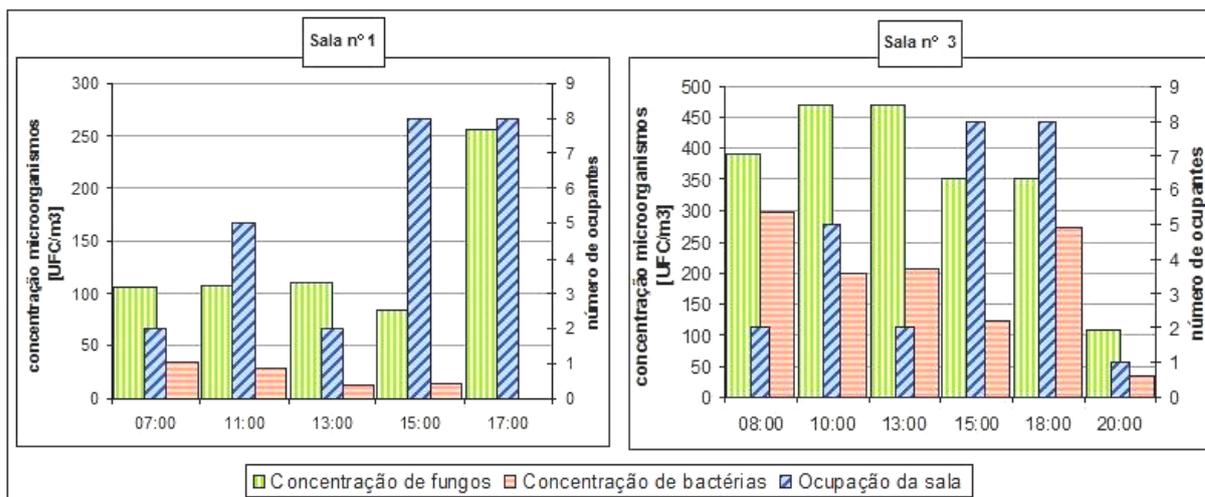


Gráfico 13: Relação entre a concentração de fungos e bactérias e a ocupação das salas do centro cirúrgico²⁰

Deve-se salientar que a sala n° 3 foi limpa duas vezes, em torno das 13:00hs e às 19:00hs, enquanto que a sala n° 1 não foi limpa no passar do dia. Assim, cada gráfico mostra uma realidade diferente, a de uma sala com uso contínuo durante o dia (sala n° 1) e uma sala onde se realizaram duas cirurgias.

A limpeza da sala n° 3 pode ter acarretado em um decréscimo da concentração de fungos e, apesar de ter havido um aumento da ocupação da sala no período da tarde, esse não foi acompanhado de um aumento da concentração de fungos. Nunes (2005) observou, em seus resultados, que maiores concentrações de fungos são obtidas quando há maior concentração de pessoas no ambiente. Entretanto, os gráficos aqui apresentados não permitem afirmar se as diferenças observadas são estatisticamente significativas.

Não é possível afirmar que houve acúmulo na concentração de bioaerossóis com o passar do tempo nos ambientes, refletindo mais as condições de uso dos locais. Observa-se, além disso, que a concentração de fungos aparenta refletir melhor as condições de ocupação da sala do que a concentração de bactérias.

²⁰ A concentração de bactérias às 17hs na sala n° 1 do centro cirúrgico é um dado faltante e não nulo.

Entretanto, em nenhum dos dois casos foi possível estabelecer uma relação matemática entre os parâmetros concentração de microorganismos (fungos ou bactérias) e o grau de ocupação da sala, pois os coeficientes de correlação (R) foram muito baixos. É possível que outros fatores, além do número de pessoas nas salas, possam ter contribuído para a maior ou menor concentração de microrganismos nesses ambientes. Um dos fatores a ser considerado seria a intensidade de movimentação das pessoas no centro cirúrgico, e a frequência de desinfecção dos ambientes no decorrer do dia.

5.5. Eficiência de tratamento no sistema de ar condicionado

Durante a coleta das amostras para análise microbiológica, também mediu-se a concentração de CO₂, a temperatura e a umidade relativa do ar dentro da tubulação do sistema de ar condicionado (Tabela 22). Observam-se valores coerentes para o local onde estes foram coletados (temperatura baixa e concentração de CO₂ similar aos níveis do ar externo). A umidade relativa do ar apresentou, entretanto, valores acima do esperado para um sistema de ar condicionado, provavelmente por que o sistema havia sido ligado a pouco tempo e não houve tempo suficiente para estabilização do sistema.

Tabela 22: Concentração de CO₂ dentro do sistema de ar condicionado

<i>Local</i>	<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>n</i> *	<i>CO₂ [ppm]</i>		<i>T</i> [°C]	<i>UR</i> [%]
				<i>média</i>	<i>máximo</i>		
Fan-coil nº 4	27/03/08	15:38 – 16:05	28	237 ± 17	375	22,0 ± 0,0	73,0 ± 1,8

*Tamanho da amostra (ou número de medições).

A Tabela 23 mostra os resultados da contagem de fungos filamentosos dentro da tubulação. As amostras coletadas para servir de testemunhas quanto à limpeza do local externo à tubulação do ar-condicionado e do procedimento de fechamento do duto (branco de amostragem) proporcionaram 12 colônias de fungos filamentosos, o que representou 43 UFC/m³.

Os resultados foram, então, apresentados em duas colunas, uma com a concentração absoluta observada e a outra subtraindo-se o valor obtido na amostra denominada branco de amostragem, que foi de 43 UFC/m³, assumindo-se que essas colônias surgiram por contaminação do processo de amostragem.

Tabela 23: Concentração de bioaerossóis no sistema de ar-condicionado

<i>Local</i>	<i>Concentração média de fungos filamentosos[UFC/m³]*</i>	
	<i>valor absoluto</i>	<i>- branco</i>
Ponto 1: A jusante do filtro absoluto	43	0
Ponto 2: Entre o filtro-bolsa e o filtro absoluto	205	163
Ponto 3: A montante do filtro-bolsa	318	275
Ponto 4: Ponto externo**	363	363

*Os valores representam a média das duas amostras coletadas para cada condição.

**Neste local o branco de amostragem não se aplica

Considerando-se os resultados corrigidos, calculou-se a eficiência de cada filtro do sistema e os dados são apresentados na Tabela 24.

Tabela 24: Eficiência dos filtros no sistema de ar condicionado

<i>Filtro</i>	<i>Eficiência (η)</i>
Filtro absoluto	100%
Filtro-bolsa	40,9%
Filtro grosso	78,8%
Sistema	100%

A eficiência mostrada como sendo do filtro grosso é, na realidade, de todo o sistema de captação do ar-condicionado, já que a amostra coletada no ambiente externo não foi retirada de dentro da tubulação e nem mesmo da entrada da tubulação de captação, mas das redondezas desse local. Comparando as eficiências obtidas com aquelas esperadas para a remoção de material particulado, a do filtro absoluto está de acordo com o esperado. A eficiência do filtro bolsa (categoria F7), porém, está abaixo dos 80 a 90% esperados para a remoção de partículas menores de 0,4 μ m (ASHRAE, 1999; ABNT, 2005). Isto indica que, possivelmente, uma parcela representativa dos microorganismos amostrados (de 40 a 50%) possui diâmetro inferior a 0,4 μ m.

5.6. Período de incubação dos fungos

A resolução RE nº 09 estabelece que os fungos sejam incubados por um período “mínimo de 7 dias, permitindo o total crescimento dos fungos” (BRASIL, 2003). Isto não pôde ser obedecido na prática pois as placas de quase todas as amostras coletadas ficaram cobertas de colônias fúngicas em um tempo bem menor. Se fosse observado esse prazo, a contagem seria

dificultada ou mesmo impossibilitada. Além disso, o isolamento dos fungos teria sido inviabilizado.

Para ilustrar esse fato, a Figura 28 mostra a evolução do crescimento fúngico numa mesma placa de Petri com ASD, coletada através da técnica de amostragem ativa. Após 48 horas de incubação, à temperatura de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, contaram-se 66 colônias de fungos filamentosos. No dia seguinte, foi possível observar o surgimento de novas colônias, totalizando 108 colônias. Nos dias subsequentes não se observou o surgimento de novas colônias mas percebeu-se que alguns fungos começavam a crescer sobre os demais, o que impossibilitaria a contagem caso ela fosse feita após o 3º dia de incubação.

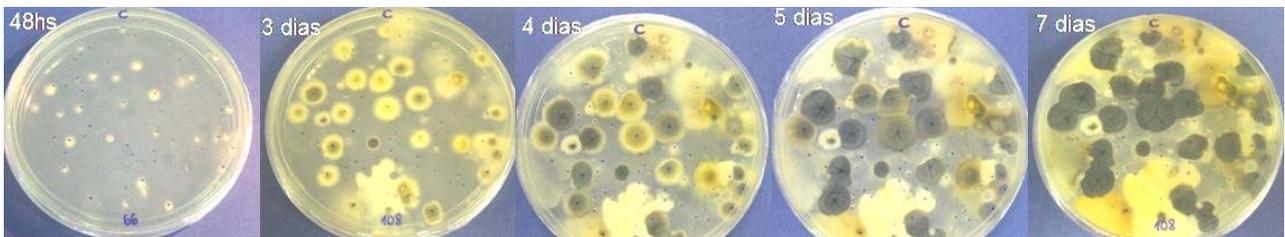


Figura 28: As fotos mostram a mesma placa com Ágar Sabouraud Dextrose, fotografada na mesma posição, apresentando o crescimento de fungos filamentosos em diferentes tempos de avaliação.

5.7. Microorganismos isolados

Das 33 amostras de ar obtidas pela amostragem dinâmica, com os meios de cultura ASD e ASC no ambiente interno do HU/UFSC, foi possível isolar 59 fungos filamentosos e 28 colônias de bactérias ou leveduras.

5.7.1. Fungos filamentosos

Dos fungos filamentosos coletados, 49 foram identificados em relação a seu gênero. O apêndice A, ao final trabalho, apresenta uma descrição detalhada de cada isolado.

Dez gêneros de fungos filamentosos foram identificados dentre os isolados (Gráfico 14). Os gêneros mais frequentes foram *Aspergillus* e *Penicillium*, seguidos por *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Acremonium* e *Fusarium*. Os demais gêneros foram identificados em apenas um isolado cada.

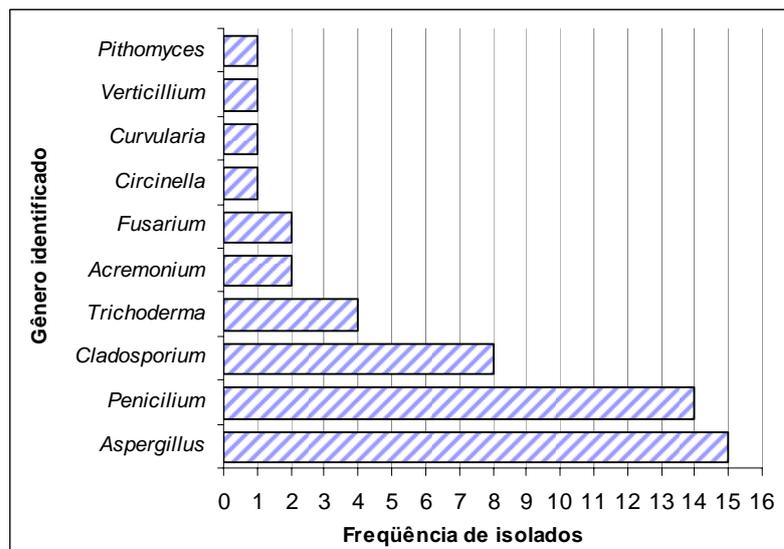


Gráfico 14: Frequência de gêneros fúngicos encontrados em amostras do ar do HU/UFSC.

Este resultado é bastante semelhante ao encontrado por outros pesquisadores em amostras de ar interno. Foi observada uma grande frequência de fungos do gênero *Aspergillus* nos hospitais e edifícios públicos avaliados por Portnoy, Flappan e Barnes (2001), Nunes (2005) e Kim e Kim (2007). Portnoy, Flappan e Barnes (2001) também detectaram representantes do gênero *Penicillium* como o segundo grupo mais frequente, seguidos pelos do gênero *Cladosporium*. Zorman e Jersek (2008) encontraram o gênero *Penicillium* com maior frequência.

Das 59 colônias de fungos filamentosos isoladas, apenas 3 foram retirados de amostras coletadas com ASC, todas as 3 foram identificadas como pertencentes ao gênero *Aspergillus*. Este resultado é interessante do ponto de vista médico, uma vez que há uma grande variedade de efeitos da exposição a este gênero para a saúde humana (Quadro 8).

Dentre os isolados de *Aspergillus* isolados observou-se uma grande diversidade morfológica, considerando-se a cor das colônias e também do formato e tamanho dos conidióforos (Figura 29), o que pode indicar uma grande diversidade de espécies desse gênero. Dentre os isolados do gênero *Penicillium*, esta variação não foi tão grande, já que os conidióforos apresentavam formatos similares na maioria dos isolados, e a coloração da colônia também variou pouco.

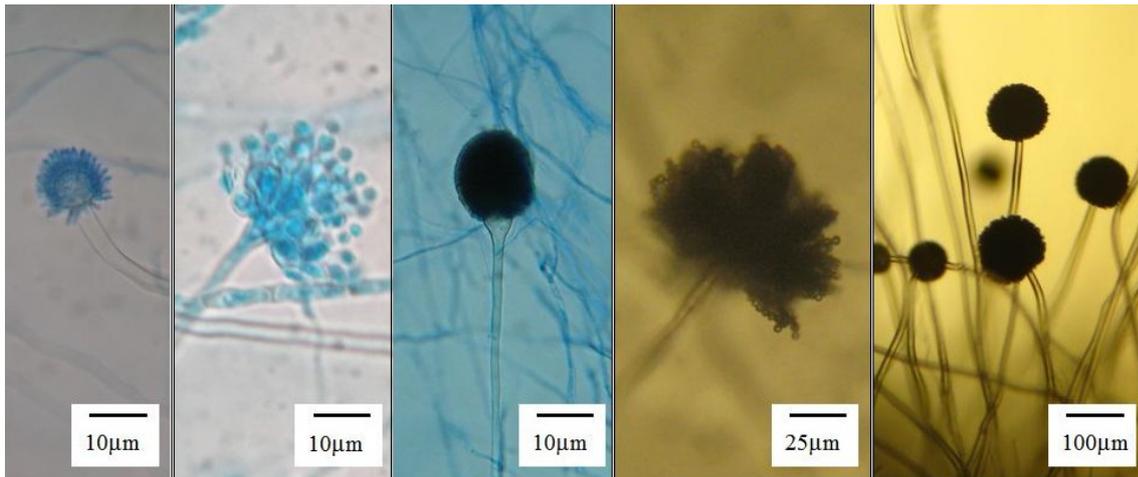


Figura 29: Fotomicrografias dos conidióforos e conídios de alguns isolados do gênero *Aspergillus*

A seguir é apresentada a distribuição dos fungos filamentosos em cada ambiente (Tabela 25). É possível observar que os ambientes não apresentaram discrepâncias quanto à variedade de gêneros presente. Espécies do gênero *Aspergillus* foram observadas em todos os ambientes estudados.

Tabela 25: Fungos filamentosos identificados nos ambientes

<i>Local</i>	<i>Data</i>	<i>Fungos filamentosos observados</i>
UTI	25/03/08 (tarde)	<i>Aspergillus</i> spp.; <i>Cladosporium</i> spp.;
UTI	31/03/08 (manhã)	<i>Penicillium</i> spp.; <i>Pithomyces</i> sp.; <i>Trichoderma</i> sp.
UTN	08/03/08 (manhã)	<i>Acremonium</i> sp.; <i>Aspergillus</i> spp.; <i>Cladosporium</i> spp.; <i>Penicillium</i> spp.
UTN	25/03/08 (tarde)	<i>Aspergillus</i> spp.; <i>Cladosporium</i> sp.; <i>Fusarium</i> sp.; <i>Penicillium</i> spp.; <i>Trichoderma</i> sp.
CC – Sala 1	31/03/08	<i>Aspergillus</i> spp.; <i>Circinella</i> sp.; <i>Cladosporium</i> spp.; <i>Penicillium</i> spp.
CC – Sala 3	26/03/08	<i>Aspergillus</i> spp.; <i>Curvularia</i> sp.; <i>Penicillium</i> spp. <i>Trichoderma</i> spp.; <i>Verticillium</i> sp.

Quadro 8: Principais doenças associadas aos diferentes gêneros de fungos filamentosos isolados.

Gênero	Doenças associadas
<i>Acremonium</i>	Raramente patogênico, pode causar ceratite micótica ²¹ , onicomicose ²² , endoftalmite ²³ , meningite, peritonite e osteomielite em pacientes imunossuprimidos (como transplantados de medula óssea)
<i>Aspergillus</i>	Aspergilose: Pneumonia invasiva ou alérgica em imunossuprimidos; Aspergilose pulmonar alérgica em pacientes com asma; aspergiloma em pacientes com histórico de tuberculose ou sarcoidose ²⁴ (mais comum no pulmão e menos freqüente no cérebro, rins ou outros órgãos)
<i>Circinella</i>	Não foram encontradas informações sobre a patogenicidade desse gênero
<i>Cladosporium</i>	Raramente patogênico, pode causar ceratite micótica, onicomicose, infecções na pele, trato respiratório (podendo levar à sinusite ou pneumonia)
<i>Curvularia</i>	Três das 35 espécies existentes são causadoras de infecções no homem: ceratite micótica, sinusite, endocardite, peritonite e septicemias
<i>Fusarium</i>	Causador de infecções superficiais e sistêmicas, causa especialmente infecções oportunistas disseminadas em indivíduos submetidos a transplantes (imunossuprimidos). Também é causador de infecções localizadas em pacientes de transplantes de órgãos sólidos
<i>Penicillium</i>	Peniciliose: podendo estar associado à ceratite micótica, endoftalmite, otomicose, esofagite, pneumonia, endocardite, peritonite, e infecções do trato urinário em indivíduos imunossuprimidos. Algumas espécies produzem micotoxinas
<i>Pithomyces</i>	Potencialmente alergênico, produtor de micotoxinas.
<i>Trichoderma</i>	Infecções raras e oportunistas em indivíduos imunossuprimidos, submetidos a transplantes, ocasionando falência nos rins, doença pulmonar crônica, pacientes com amiloidose ²⁵
<i>Verticillium</i>	Possível causador de ceratite micótica.

Fonte: Dr Fungal (2008), Fungal Research Trust (2008), The University of Adelaide (2008).

Diversos gêneros isolados, como *Trichoderma*, *Curvularia* e *Fusarium*, por exemplo, são patógenos de plantas e quase todos são também citados como agentes oportunistas de infecções em seres humanos, afetando, sobretudo, indivíduos imunossuprimidos (Quadro 8).

5.7.2. Bactérias e leveduras

Foram retirados 28 isolados das amostras coletadas nos ambientes internos. Destas, 14 foram retiradas de placas de amostragem com ágar sangue de carneiro (Figura 30) e 9 foram retiradas de placas com ágar Sabouraud dextrose (ASD). Cada colônia foi, então, repicada para placas contendo o mesmo meio de cultura usado no isolamento (Figura 31).

²¹ Inflamação microbiana da córnea.

²² Infecção fúngica nas unhas.

²³ Inflamação nos tecidos que envolvem os olhos.

²⁴ Doença inflamatória caracterizada pela formação de granulomas em diversos órgãos do corpo.

²⁵ Doença rara associada ao acúmulo de proteína em regiões específicas ou disseminado pelo organismo.



Figura 30: Placa de amostragem contendo ágar sangue, mostrando colônias de alguns isolados



Figura 31: Placas com isolados de bactérias em ASD (esquerda) e ASC (direita).

Não foram observadas bactérias α -hemolíticas dentre os isolados obtidos (Tabela 26). Entre os cinco isolados β -hemolíticos, observaram-se estafilococos gram-positivos e gram-negativos e bacilos gram-positivos e gram-negativos. Embora a maioria dos microorganismos com ação hemolítica apresente algum grau de patogenicidade ao homem ou aos animais, nem todos os hemolíticos se enquadram nessa categoria. Existem diversas bactérias β -hemolíticas do gênero *Staphylococcus*, como as espécies *S. aureus* e *S. intermedius*, reconhecidamente causadores de infecção hospitalar e infecção do sítio cirúrgico.

Três tipos de colônias de bactérias foram as mais frequentemente encontradas, em praticamente todas as placas amostrais. Estas tinham as características dos isolados 1, 2 e 3. Dentre as colônias com aspecto cremoso, isoladas do meio ASD, apenas duas eram de leveduras. As demais eram colônias de bactérias.

Dentre os isolados, percebeu-se uma grande frequência de possíveis integrantes do gênero *Staphylococcus*, um gênero gram-positivo, cosmopolita e praticamente onipresente (MANGRAM, 1999; NUNES, 2005). Este gênero também foi encontrado com frequência dominante por Kim e Kim (2007), em edifícios de uso público na Coreia, e por Nunes (2005), em hospitais do Rio de Janeiro. Mangram (1999) associa infecções do sítio cirúrgico predominantemente a estafilococos gram-positivos aeróbios. Coincidentemente, os relatórios

mensais da comissão de controle de infecção hospitalar do HU-UFSC (CCIH) nos meses de 11/2007 a 01/2008, mostraram 18 casos de infecção hospitalar por *Staphylococcus* spp.

Dos isolados com forma de bacilo, supõe-se que o isolado 8 seja um organismo patogênico ou oportunista, devido a algumas de suas características, como a coloração gram-negativa, a capacidade β -hemolítica, e o tamanho reduzido das células. Observou-se a presença de endósporo no isolado 1, o que torna estes microorganismos mais resistentes para a sobrevivência no ar (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005; GRIGOREVSKI-LIMA *et al.*, 2006). A aparência microscópica destes dois isolados pode ser comparada visualmente na Figura 32.

Tabela 26: Características das bactérias e leveduras isoladas

<i>Isolado</i>	<i>Meio de Cultura</i>	<i>Hemólise</i>	<i>cor</i>	<i>textura</i>	<i>Gram</i>	<i>forma/arranjo</i>
1	ASC	não	cinza	lisa	-	estreptobacilos
2	ASC	não	amarela	lisa	+	estafilococos
3	ASC	β -hemolítica	branca	lisa	+	estafilococos
4	ASC	β -hemolítica	branca	lisa	+	estafilococos
5	ASC	β -hemolítica	branca	lisa	-	estafilococos
6	ASC	não	branca	lisa	-	estafilococos
7	ASC	β -hemolítica	bege	enrugada	+	bacilos
8	ASC	β -hemolítica	branca	enrugada	-	bacilos
9	ASC	não	branca	lisa	-	micrococos
10	ASC	não	branca	lisa	+	estafilococos
11	ASC	não	bege	lisa	+	estafilococos
12	ASC	não	branca	lisa	+	estafilococos
13	ASC	não	branca	lisa	+	estafilococos
14	ASC	não	amarela	lisa	-	cocos
15	ASC	β -hemolítica	bege	lisa	+	estreptobacilos
16	ASC	não	branca	lisa	-	estafilococos
17	ASC	β -hemolítica	branca	lisa	+	estafilococos
18	ASC	não	amarela	lisa	+	sarcinas
19	ASC	não	bege	lisa	-	estreptobacilos
20	ASD	n.a.	salmão	lisa	n.a.	leveduriforme
21	ASD	n.a.	branca	lisa	n.a.	leveduriforme
22	ASD	n.a.	branca	lisa	+	estafilococos
23	ASD	n.a.	branca	lisa	+	estafilococos
24	ASD	n.a.	branca	lisa	+	estafilococos
25	ASD	n.a.	branca	lisa	-	bacilos
26	ASD	n.a.	branca	lisa	-	bacilos
27	ASD	n.a.	bege	lisa	-	bacilos
28	ASD	n.a.	amarela	lisa	+	sarcinas

*n.a.: não aplicável

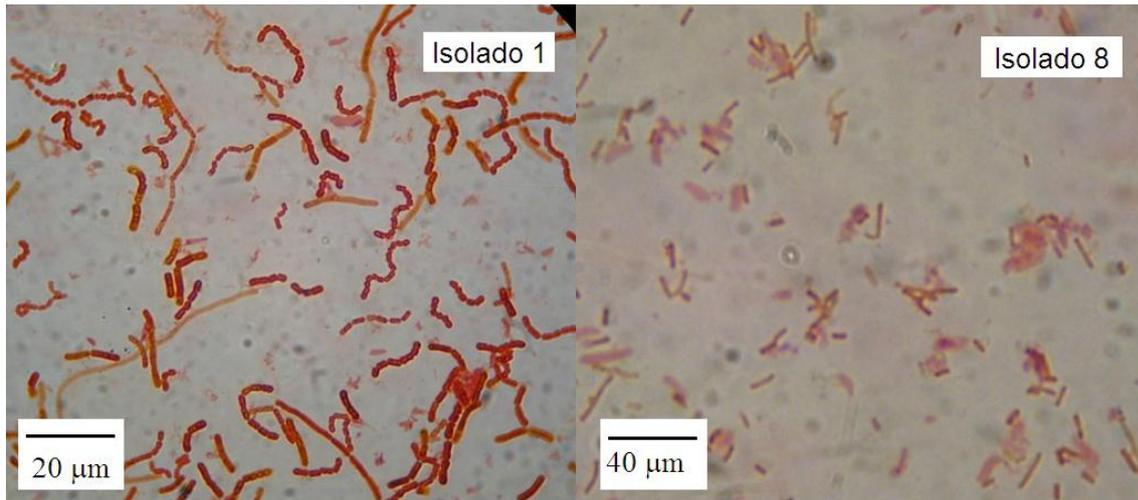


Figura 32: Fotomicrografias dos isolados 1 e 8, mostrando bacilo longos em cadeia (estreptobacilos) e bacilos fracamente corados e de menor dimensão, respectivamente.

A Figura 33 mostra duas fotomicrografias de dois isolados β -hemolíticos gram-positivos, com colônias de aparência similar mas com a forma e o arranjo das células distintos.

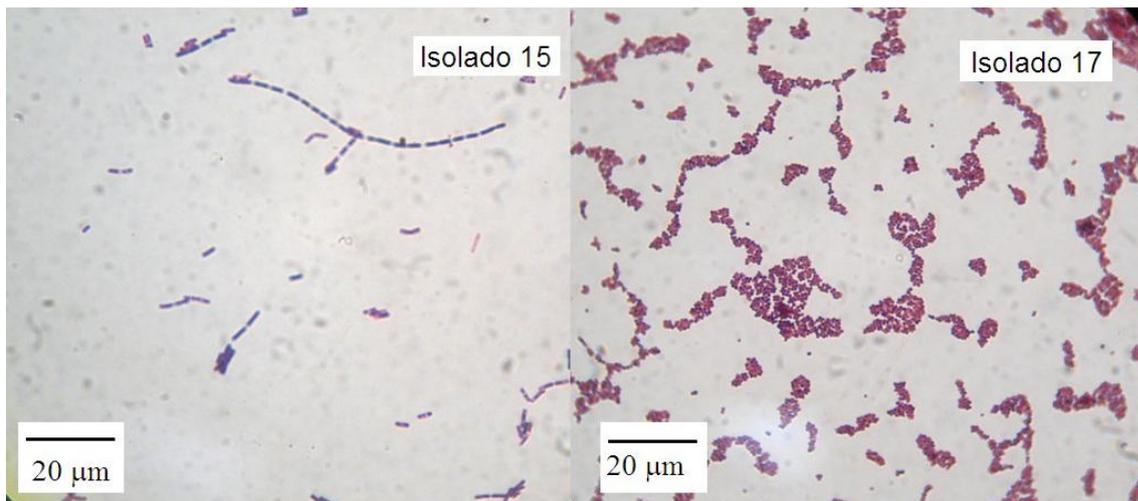


Figura 33: Fotomicrografias dos isolados 15 e 17, mostrando estreptobacilos e estafilococos, respectivamente.

Estes resultados mostram a grande variabilidade de microorganismos isolados no ambiente interno. Não foram encontradas bactérias com o arranjo de estreptococos ou ainda actinomicetos (bactérias filamentosas). Essas bactéria foram relatadas como freqüentes em estudos feitos com amostradores de Andersen de 6 estágios. Nesses casos, elas foram encontradas somente nos estágios inferiores do amostrador, o que poderia explicar sua ausência no presente estudo onde foi empregado um amostrador de apenas um estágio (GRIGOREVSKI-LIMA *et al.*; 2006).

6. CONCLUSÕES

A partir de uma análise dos resultados obtidos, é possível concluir, especificamente, os seguintes pontos:

- A velocidade média das correntes do ar, temperatura e umidade do ar, assim como a concentração de dióxido de carbono atendem aos requisitos da resolução RE nº 9 da ANVISA para todos os ambientes estudados, bem como o grau de renovação de ar das salas de cirurgia.
- A concentração de CO₂ nas salas de cirurgia apresentou uma relação linear direta com o grau de ocupação das mesmas, evidenciando que os sistemas de ar condicionado são projetados para atender a um determinado grau de ocupação no ambiente.
- Estipula-se, como ocupação máxima, 21 pessoas na sala de cirurgia nº 1 e 19 pessoas na sala nº 3.
- O sistema de ar condicionado do centro cirúrgico continua operando de maneira apropriada em relação à sua vazão após mais de 25 anos da sua instalação.
- Alguns dos COV presentes no centro cirúrgico são resultado da mistura dos sedativos aplicados aos pacientes.
- A concentração de fungos filamentosos no ar é o parâmetro microbiológico que melhor representa o nível de ocupação dos ambientes, confirmando seu uso como indicador da qualidade do ar interno.
- A qualidade do ar das salas de cirurgia não se deteriora com o passar do dia.
- A eficiência do filtro-bolsa do sistema de ar condicionado é inferior ao valor esperado para a remoção de material particulado de 0,4µm, enquanto que a eficiência do filtro absoluto é de 100%.
- Os gêneros de fungos mais freqüentes nesses ambientes são *Aspergillus* e *Penicillium* e o gênero mais freqüente de bactérias é *Staphylococcus*.
- Em relação à concentração de microorganismos no ar, não foi possível confirmar se o valor máximo recomendado pela CP nº 109, de 200 UFC/m³ para a contagem total de microorganismos é um bom parâmetro para ambientes como UTI e salas de cirurgia.

Entretanto, em relação à resolução RE nº 9, é possível afirmar que um máximo de 750 UFC/m³ para ambientes internos é uma exigência de grande tolerância.

7. RECOMENDAÇÕES

Em relação à legislação nacional sobre a qualidade do ar em ambientes internos é possível fazer as seguintes recomendações:

- Recomenda-se que a concentração de CO₂ seja contemplada na resolução a ser estabelecida a partir da consulta pública CP nº 109, pois a concentração desse gás é um parâmetro indicador da taxa de renovação do ar, que considera o grau de ocupação do ambiente.
- Há alguns pontos a serem levados em consideração sobre a seguinte frase, da resolução RE nº9 (ANVISA):

“O valor máximo recomendável – VMR, para a contaminação microbiológica deve ser ≤ 750 UFC/m³ de fungos, para relação I/E $\leq 1,5$, onde I é a quantidade de fungos no ambiente interior e E é a quantidade de fungos no ambiente exterior”.

- Como se observou um crescimento numeroso de colônias de bactérias e leveduras no meio de cultura ASD (seletivo para fungos), recomenda-se que esta frase seja alterada para que se esclareça se a contagem deve ser de fungos filamentosos somente ou se as leveduras devem ser incluídas.
- Neste trabalho não se realizou a amostragem de material particulado (MP), porém é sabido que no ambiente externo a concentração de MP, de toda a granulometria, é superior que nos ambientes internos, haja vista que o ar insuflado pelo sistema de ar condicionado passa por diversos filtros para a remoção de MP. Assim sendo, e sabendo-se que a microbiota do ar é transportada pelo material particulado, entende-se que a concentração de microorganismos seja superior nos ambientes externos, fato este confirmado nos resultados deste trabalho. Desta forma, critica-se a relação I/E $\leq 1,5$ que indica que o ambiente interno pode ter uma concentração de microorganismos 150% maior que o ambiente externo. Sugere-se que, especialmente no ambiente hospitalar, essa relação seja reduzida para I/E $< 1,0$.
- O tempo de incubação de fungos filamentosos não deve ser fixado em 7 dias para a contagem das colônias, pois, em alguns casos a superfície do meio de cultura na placa

de Petri pode ser rapidamente coberta pelo micélio em menos tempo, o que impossibilita a contagem das colônias. Para tanto, recomenda-se que a resolução especifique o monitoramento diário das placas com lupa (3 a 30X) até que o número de colônias se estabilize, o que ocorre em prazo menor do que 7 dias.

- É possível afirmar que um máximo de 750 UFC/m³ para ambientes internos é uma exigência de grande tolerância. Sugere-se sua alteração para um valor menor, já que em nenhuma amostra analisada, mesmo no ambiente externo, obteve-se resultados desta ordem de grandeza.

Embora o objetivo geral deste trabalho tenha sido atingido, existem diversas recomendações a serem feitas para novos estudos nesta temática:

- Recomenda-se o prosseguimento do trabalho, com a identificação dos fungos filamentosos, especialmente os do gênero *Aspergillus*, devido a sua maior frequência e a seu potencial patogênico;
- Recomenda-se o uso de um amostrador de Andersen (ou impactador) de 6 estágios, para que uma maior variedade de microorganismos possam ser amostrados, como actinomicetos e bactérias do gênero *Legionella*, e para que o material amostrado possa representar a faixa inalável do sistema respiratório humano.
- Para avaliar a presença de microorganismos patogênicos no ar do hospital (avaliação qualitativa), recomenda-se o estabelecimento de amostragem do ar por impactador de 6 estágios, ou, considerando o alto custo deste aparelho no mercado nacional, a amostragem, em paralelo, com impactador de um estágio e com um impactador em meio líquido (amostrador do tipo Impinger).

A meta deste trabalho foi atingida, uma vez que foram dadas contribuições para o melhoramento da legislação nacional no âmbito da qualidade do ar interno em ambientes hospitalares, e simultaneamente, mostrou-se os principais aspectos da qualidade do ar neste tipo de ambiente, instigando a discussão nos meios acadêmico, médico e legislativo sobre o tema.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMCZYK, Marcelo L. Infecção hospitalar em unidade de terapia intensiva. In: BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Pediatria: Prevenção e controle de infecção hospitalar**. Brasília: Editora Anvisa, 2006. 116p. ISBN 85-334-1049-2

ABRAMCZYK, Marcelo L. RICHMANN, Rosana. Uso racional de antimicrobianos. In: BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Pediatria: Prevenção e controle de infecção hospitalar**. Brasília: Editora Anvisa, 2006. 116p. ISBN 85-334-1049-2

ADDINGTON, Michelle. Chapter 2: History and future of ventilation. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

AIRFLOW. **Manual de instruções termo-anemômetro TA45**. Airflow: New Jersey, 2001.

ALEXOPOULOS, C.J. MIMS, C.W. BLACKWELL, M. **Introductory Mycology**. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1996 ISBN 0-471-52229-5

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **Standard 52.1-1992: Gravimetric and dust-spot procedures for testing air-cleaning devices used in general ventilation for removing particulate matter**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 32p. 1992a.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **Standard 55-1992: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 1992b.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **Standard 62-1999: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 1999.

ANDERSEN, Ariel A. New sampler for the collection, sizing and enumeration of viable airborne particles. **Journal of bacteriology**, v. 76, n. 5, p. 471 – 494. Washington: The American Society for Microbiology, nov 1958. ISSN: 1098-5530

ANDRADE, Glória M. Principais conceitos em infecção hospitalar. In: BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Pediatria: Prevenção e controle de infecção hospitalar**. Brasília: Editora Anvisa, 2006. 116p. ISBN 85-334-1049-2

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 07256: Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução das instalações**. ICS: 91.140.30; 13.040 22p. ABNT: Rio de Janeiro, 2005.

BARBETTA, Pedro Alberto, REIS, Marcelo de Menezes, BORNIA, Antônio Cezar. **Estatística para Cursos de Engenharia e Informática**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2008. ISBN: 8522449899

BASTO, José E. **Requisitos para garantia da qualidade do ar em ambientes climatizados: enfoque em ambientes hospitalares**. 2005. 110f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

BELLI FILHO, Paulo. DE MELO LISBOA, Henrique. Avaliação de emissões odorantes, **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Out-Dez 1998. ISSN 1453-4152

BENNY, Gerard L. **Zygomycetes**. Disponível em: <http://www.zygomycetes.org> Acesso em 12 de maio de 2008.

BERTINO, Joseph S. Cost burden of viral respiratory infections: Issues for formulary decision makers. **Disease-a-Month**, v. 49, n. 3, p. 225-239, Amsterdam: Elsevier, 2003. ISSN: 0011-5029

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 930, de 27 de agosto de 1992**. Diário Oficial da União, Brasília, 7 jan. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998**, Diário Oficial da União, Brasília, 31 ago. 1998.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.431, de 6 de janeiro de 1997**. Diário Oficial da União, Brasília, 4 set. 1992.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução – RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003**. Determina a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. 2003.

BRICKUS L. S. R.; AQUINO NETO F. R. A qualidade do ar de interiores e a química. **Química Nova**, v. 22, n.1, 1999. ISSN 1679-7064

BRIGHTMAN, Howard S. MOSS, Nanette. Chapter 3: Sick Building Syndrome – Studies and the compilation of normative and comparative values. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

BROOKS, Geo. BUTEL, Janet S. MORSE, Stephen A. JAWETZ, Ernest. **Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology**, 23rd Ed. McGraw-Hill Professional, 2004. 704 p. ISBN:0071412077

BROWN, Stephen K. Chapter 38: Asbestos. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

BROWN, S. K.; SIM, M. R.; ABRAMSON, M. J.; GRAY, C. N. Concentrations of volatile organic-compounds in indoor air – a review. **Indoor Air: International Journal of Indoor Air Quality and Climate**, v. 4, p. 123-134, 1994.

BURGE, Harriet A. Chapter 45: The fungi. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

BURTON, Gwendolyn R.W. ENGELKIRK, Paul G. **Microbiologia para as ciências da saúde**, 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. 426p. ISBN 85-277-1031-5

CALIL, Roseli. Prevenção da transmissão da infecção no ambiente hospitalar. In: BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Pediatria: Prevenção e controle de infecção hospitalar**. Brasília: Editora Anvisa, 2006. 116p. ISBN 85-334-1049-2

CALIL, Roseli. ROLA, Gláucia M. F. RICHTMANN, Rosana. Infecções hospitalares em neonatologia. In: BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Pediatria: Prevenção e controle de infecção hospitalar**. Brasília: Editora Anvisa, 2006. 116p. ISBN 85-334-1049-2

CARMO, A. T.; PRADO, R. T. A. **Qualidade do Ar Interno**. Série Texto Técnico, TT/PCC/23. São Paulo: EPUSP, 1999, 35 p.

CARTAXO, Elizabeth F. GONÇALVES, Ana C. L. C. COSTA, Fabrício R. COELHO, Ilsa M. V. DOS SANTOS, Januário G. Aspectos de contaminação biológica em filtros de condicionadores de ar instalados em domicílios da cidade de Manaus (AM). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 2, abr/jun 2007. Rio de Janeiro: ABES, 2007. ISSN 1413-4152

CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Adenoviruses**. Jan, 21 2005. Disponível em <http://www.cdc.gov/ncidod/dvrd/revb/respiratory/eadfeat.htm> Acesso em 11 de fev 2008.

CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Estimates of Healthcare-Associated Infection**. Disponível em <http://www.cdc.gov/ncidod/dhqp/hai.html> Acesso em 19 de fev 2008.

COHEN, B.S.; Deposition of charged particles on lung airways. **Health Physics**, v. 4, n. 5, p. 554-560, 1998. ISSN 1538-5159

COHEN, Mara Lú H. **Oxydation de faibles concentrations de vapeurs organiques (COV) par photocatalyse hétérogène**. Mémoire (Maîtrise en génie chimique). Université de Montréal. 2004.

DR FUNGUS. The official website of the mycosis study group and european organization for research and treatment of cancer conseous criteria. Disponível em <http://www.doctorfungus.org> Acesso em 12 de maio de 2008.

DUFFEE, Richard A. O'BRIEN, Martha. Chapter 21: Response to odors. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

FALVEY, D.G. STREINFEL A.J. Ten-year air sample analysis of *Aspergillus* prevalence in a university hospital. **Journal of Hospital Infection**, n. 67, v. 1, p. 65-41. Amsterdam: Elsevier, 2007.

FUNGAL RESEARCH TRUST. **The aspergillus/aspergillosis website**. Disponível em: <http://www.aspergillus.org.uk/> Acesso em 12 de maio de 2008.

GIODA, A. **Poluição Atmosférica e de Interiores: Influência Mútua e Seus Reflexos na Saúde**. Tese (Doutorado em Ciências – Química Orgânica). 212f. Departamento de Química Orgânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

GIODA, A.; AQUINO NETO, F. R. Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não-industriais no Brasil: uma abordagem comparativa. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 5, p. 1389-1387, 2003. ISSN 0102-311X

GORBACH, Sherwood L. BARLETT, John G. E BLACKLOW, Neil R. **Infectious diseases**, 3rd Ed. Amsterdam: Lippincott Williams & Wilkins, 2003. 2700p. ISBN 0781733715

GRIGOREVSKI-LIMA, A.L. SILVA-FILHO, R.G. LINHARES, L.F. COELHO, R.R.R. Occurrence of actinomycetes in indoor air in Rio de Janeiro, Brazil. **Building and Environment**, v. 41, p. 1540-1543, 2006. ISSN 0360-1323

GUPTA, Sanjeev. KHARE, Mukesh. GOYAL, Radha. Sick building syndrome – A case study in a multistory centrally air-conditioned building in the Delhi City. **Building and Environment**, v. 42, p. 2797-2809, 2007. ISSN 0360-1323

GWON, Hwa Wan. SHU, Chuan Lu, YING, Huang Tsai. Polymerase chain reaction used for the detection of airborne *Mycobacterium tuberculosis* in health care settings. **American Journal of Infection Control**. v. 32, n. 1, p 17-22, 2004.

HAINES, Roger W. WILSON, C. Lewis. **HVAC Systems Design Handbook**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1998. 528 p. ISBN: 0070259631

HESS-KOSA, Kathleen. **Indoor quality: Sampling methodologies**, Boca Raton: CRC Lewis Publishers, 2002. 320p. ISBN 1-56670-539-8

JB ONLINE: **CO₂ pode deixar trabalhadores doentes e reduzir a concentração**. 08:51, 16 de nov. 2007. Disponível em: <http://quest1.jb.com.br/extra/2007/11/16/e161125733.html> Acesso em 26 de abril de 2008

JONES, Andy P. Indoor air quality and health. **Atmospheric Environment**. vol.33, n. 1, p. 4535-4564, 1999. ISSN 1352-2310

KENDRICK, Bryce (org). **The whole fungus: Proceedings of the Second International Mycological Conference**. Calgary: National Museum of Natural Sciences, National Museum of Canada, The Kananaskis Foundation, 1979 ISBN 0 -660-00146-2

KENDRICK, Bryce. **The fifth kingdom**. Newburyport: Focus Publishing, 2000. ISBN 1-58510-022-6

KENNY, L.C. BOWRY, A. CROOK, B. STANCLIFFE, J.D. Field Testing of a Personal Size-selective Bioaerosol Sampler. **Annals of Occupational Hygiene**. Vol. 43, No. 6, p. 393-404, 1999. ISSN 0003-4878

KILDESO, Jan. VALLARINO, Jose. SPENGLER, John D. BRIGHTMAN, Howard S. SCHNEIDER, Thomas. Dust build-up on surfaces in the indoor environment. **Atmospheric Environment**, v. 33, p. 699-707, 1999. ISSN 1352-2310

KIM, Ki Youn. KIM, Chi Nyon. Airborne microbiological characteristics in public buildings of Korea. **Building and Environment**, n. 42, v. 5, p. 2188 – 2196. Amsterdam: Elsevier, 2007. ISSN 0360-1323

KONEMAN, Elmer W. ALLEN, Stephen D. JANDA, William M. SCHRECKENBERGER, Paul C. WINN JR, Washington C. **Color atlas and textbook of diagnostic microbiology**, 5th ed, Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997. 1395p. ISBN 0-397-51529-4

KWOC, Alison G. Chapter 15: Thermal comfort: Concepts and guidelines. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

LEE, Chia-Wei. DAI, Yu-Tung. CHIEN, Chih-Hsueh. HSU, Der-Jen. Characteristics and health impacts of volatile organic compounds in photocopy centers. **Environmental Research**, v. 100. p. 139-149. Amsterdam: Elsevier, 2006. ISSN 0013-9351

LIMA DE PAULA, Juliana F. **Aeromicrobiota do ambiente cirúrgico: princípios e peculiaridades da climatização artificial**. 2003. 128 f. Dissertação (Mestrado em enfermagem fundamental) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2003.

MACHADO, Márcia B. Infecções hospitalares em enfermaria de pediatria. In: BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Pediatria: Prevenção e controle de infecção hospitalar**. Brasília: Editora Anvisa, 2006. 116p. ISBN 85-334-1049-2

MADIGAN, Michel T. MADINGO, John M. PARKER, Jack. **Microbiologia de Brock**, 10^a ed. São Paulo: Person / Prentice-Hall, 2004. 608p. ISBN: 85-87918-51-6

MANGRAM, Alicia J. HORAN, Teresa C. PEARSON, Michele L. SILVER, Leah C. JARVIS, William R. Guideline for prevention of surgical site infection. **Infection Control and Hospital Epidemiology**, v. 20, n. 4, p. 247 – 278. Minneapolis: University of Minnesota, 1999.

MAY, K. R. The cascade impactor: an instrument for sampling coarse aerosols. **Journal of Aerosol Science**, v. 22, p. 187-195. Amsterdam: Elsevier, oct, 1945. ISSN 0021-8502

MENDES, René. Asbesto (amianto) e doença: revisão do conhecimento científico e fundamentação para uma urgente mudança da atual política brasileira sobre a questão. **Cadernos de Saúde Pública**, v.17, n. 1 Rio de Janeiro, Jan/Fev 2001. ISSN 0102-311X

MILLER, Claudia S. ASHFORD, Nicholas A. Chapter 27: Multiple Chemical Intolerance and Indoor Air Quality. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

MIRANDA, Gilson Rodrigo de. 2007. **Avaliação das emissões atmosféricas provenientes da combustão de diesel, biodiesel de resíduos de óleo de mistura e suas misturas**. 108 fls. Dissertação (Mestrado em engenharia ambiental) – Programa de pós-graduação em engenharia ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

MOBIN, Mitra. SALMITO, Maria do Amparo. Microbiotal fúngica dos condicionadores de ar nas unidades de terapia intensiva de Teresina, PI. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, n. 39, v. 6, p. 556-559, 2006. ISSN 0037-8682

MOLHAVE, Lars. Chapter 25: Sensory irritation in humans caused by volatile organic compounds (vocs) as indoor air pollutants: A summary of 12 exposure experiments. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

MONTACUTELLI, Riccardo. MAGGI, Oriana. TARSITAN, Gianfranco. GABRIELLI, Nazzareno. Aerobiological monitoring of the “Sistine Chapel”: airborne bacteria and microfungi trends. **Aerobiologia**, v. 16, p. 441–448, Kluwer Academic Publishers. Amsterdam, 2000. ISSN 0393-5965

MYATT, Theodore A. JOHNSTON, Sebastian L. ZUO, Zhengfa. WAND, Matthew. KEBADZE, Tatiana. RUDNICK, Stephen. MILTON, Donald K. Detection of airborne rhinovirus and its relation to outdoor air supply in office environment. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 169, p. 1187-1190, 2004. ISSN 0003-0805

NAGDA, Niren L. RECTOR, Harry E. Chapter 51: Instruments and measurements for measuring indoor air quality. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

NIKLINSKI, Jacek. NIKLINSKA, Wieslawa. CHYCZEWSKAC, Elzbieta. LAUDANSKI, Jerzy. NAUMNIK, Wojciech. CHYCZEWSKID, Lech. PLUYGERSE, Eric. The epidemiology of asbestos-related diseases. **Lung Cancer**, vol. 455, n. 1, p. S7 – S15. Amsterdam, Elsevier: 2004. ISSN 0169-5002

NUNES, Zilma das Graças. **Estudo da Qualidade Microbiológica do Ar de Ambientes Internos Climatizados**. 2005.163 f. Tese (Doutorado em Vigilância Sanitária) - Programa de Pós-graduação em Vigilância Sanitária / Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde / Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2005.

OLIVEIRA, Adriana Cristina de; CIOSAK, Sueli Itsuko. Surgical site infection in a university hospital: post-release surveillance and risk factors. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, vol.41, n. 2, 2007. ISSN 0080-6234.

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE (OPAS). **Infecção Hospitalar. Informativo**. 15 de agosto de 2000. OPAS. Disponível em: <http://www.opas.org.br/sistema/fotos/hospitala1.PDF> Acesso em 04/01/2008.

PASQUARELLA, C. PITZURRA, O. SAVINO, A. The index of microbial air contamination. **Journal of hospital infection**. V. 46, n. 4. p. 241-256. Amsterdam: Elsevier, 2000. ISSN 0195-6701

PATNAIK, Pradyot. **Handbook of environmental analysis: Chemical pollutants in air, water, soil and solid wastes**. Boca Raton: CRC Lewis Publishers, 1997. 584p. ISBN 0873719891

PERDRIX, Alain. PARAT, Sylvie. LIAUDY, Sylvette. MAÎTRE, Anne. Syndrome des bâtiments malsains (SBM). **Revue Francophone des Laboratoires**, mai 2005, n. 373, p. 67-72. Amsterdam: Elsevier, 2005. ISSN 1773-035X

PERKIN-ELMER. **Gas Chromatography: TurboMatrix Series Thermal Desorbers – User’s Guide**. United Kingdom: Perkin Elmer Inc. 2007 MO041-3331 E.

PICELI, Paulo. **Quantificação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos no ar de ambientes ocupacionais**. 2005. 131 fls. Dissertação (Mestrado em engenharia ambiental) – Programa de pós-graduação em engenharia ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

PORTNOY, Jay M. FLAPPAN, Susan. BARNES, Charles S. A procedure for evaluation of the indoor environment. **Aerobiologia**. v. 17, p. 43-48. Dordrecht, 2001. ISSN: 1573-3025

REDLICH, Carrie A. SPARER, Judy. CULLEN, Mark R. Occupational Medicine: Sick Building Syndrome. **The Lancet: UK Medical Journal**, v. 349, April 5, 1997, p. 1013-1016. Oxford: Elsevier, 1997. ISSN 0140-6736

ROSA, Ediane. DE MELO LISBOA, Henrique de Melo. Dispersão de aerossóis no sistema de tratamento de esgotos por lodo ativado na ETE Florianópolis – SC. **Revista de estudos ambientais**, v. 7, n. 1, jan/jul 2005, p. 26-38. Blumenau: Editora da FURB, 2005. ISSN 1516-3911

ROUGHTON, F. J. W.; DARLING, R. C. The effect of carbon monoxide on the oxyhemoglobin dissociation curve. **American Journal of Physiology**, v.141, n. 1, p. 17-31, 1994. ISSN 1522-1466

RUI, Zhang. GUANGBEI, Tu. JIHONG, Ling. Study on biological contaminant control strategies under different ventilation models in hospital operating room. **Building and Environment**. v. 43, n. 5, p. 793-803. Amsterdam: Elsevier, 2008. ISSN 0360-1323

SAMET, Jonatham M. Chapter 40: Radon. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

SAMET, Jonathan M. WANG, Sophia S. Chapter 30: Environmental tobacco smoke. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

SÃO PAULO. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Qualidade do Ar: Informações**. 4 de janeiro de 2001. Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp Acesso em 20 de setembro de 2007.

SCHIRMER, W. N. **Amostragem, análise e proposta de tratamento de compostos orgânicos voláteis (COV) e odorantes em estação de despejos industriais de refinaria de petróleo**. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SCHREIBER, Judith S. PROHONIC, Elizabeth. SMEAD, Gregory. Chapter 66: Residential exposure to volatile organic compounds from nearby commercial facilities. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

SÉGALA, Claire. POIZEAU, David. MESBAH, Mounir. WILLEMS, Sylvie. MAIDENBERG, Manuel. Winter air pollution and infant bronchiolitis in Paris. **Environmental Research**, v. 206, p. 96-100, 2008. ISSN 0013-9351

SEGEN, J. C. **The dictionary of modern medicine**. Taylor & Francis, 1992. ISBN 1850703213

SILVA FILHO, Germano N. DE OLIVEIRA, Vetúria L. **Microbiologia: Manual de aulas práticas**, 2ª Ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007. 157p. ISBN 8532802737

SILVEIRA, Verlande Duarte. **Micologia**, 5ª ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1995. ISBN: 85-201-0173-9

SPENGLER, John D. CHEN, Qingyan Y. DILWALI, Kumkum M. Chapter 5: Indoor air quality factors in designing healthy buildings. In: SPENGLER, John D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

SPENGLER, John D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

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, maio. 2008. ISSN 0360-1323

TABLAN, Ofelia C. ANDERSON, Larry J. BESSER, Richard. BRIDGES, Carolyn. HAJJEH, Rana. **CDC Guidelines for preventing health-care-associated pneumonia: Recommendations of CDC and the healthcare infection control practices advisory committee**. Washington, DC: CDC, 2003. 179 p.

THE UNIVERSITY OF ADELAIDE. **Mycology Online**. Disponível em <http://www.mycology.adelaide.edu.au/> Acesso em 06 de maio de 2008.

TORTORA, Gerard J. FUNKE, Berdell R. CASE, Christine L. **Microbiologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 894p. ISBN: 85-363-0488-X

TUCKER, W. Gene. Chapter 31: Volatile Organic Compounds. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

UNDERHILL, Dwight. Chapter 10: Removal of gases and vapors. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Air Quality Criteria for Carbon Monoxide**. 1991a (EPA 600/P-99/001F). 295p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Building Air Quality - A Guide for Building Owners and Facility Managers**. 1991b. 228p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Technical support document for the 1992 citizen's guide to radon**. 1992 (EPA 400-R-92-011).

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Indoor Air Pollution – An Introduction for Health Professionals**. 1994 (EPA-402-R-94-007). 33p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality**. 1995 (EPA-402-K-93-007). 39p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Consumer Product Safety Commission - An Update on Formaldehyde: 1997 Revision**. CPSC Document #725. USEPA, 1997a.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air - Determination of volatile organic compounds in ambient air using active sampling onto sorbent tubes. Method TO-17, 2nd edition**. Cincinnati, 1997b. 49p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Environmental Hazards Weight Heavy on the Heart: Information for older Americans and their caregivers**. 4p. EPA, Sept, 2005. EPA-100-F-05-020

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **A Citizen's Guide to Radon: The Guide to Protecting Yourself and Your Family from Radon**. 16p. EPA, May, 2007. EPA-402-K-07-009

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Substance Registry System (SRS): Volatile organic compounds**. Disponível em <http://www.epa.gov/srs/> Acesso em 28 de jan 2008.

VALLARINO, José. Chapter 37: Fibers. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448 p. ISBN 0074455494

WANG, S.; ANG, H. M.; TADE, M. O. Volatile organic compounds in indoor environment and photocatalytic oxidation: State of the art. **Environment International**, v.33, n. 5, p. 694–705, Amsterdam: Elsevier, 2007. ISSN 0160-4120

WEBSTER, John. **Introduction to Fungi**, 2nd ed. Oxford: Cambridge University Press, 1985. 846p. ISBN: 0 521 29699 4

WEISBERG, Susan S. Influenza. **Disease-a-Month**, v. 53, n. 9, p. 435-446, 2007. ISSN 0011-5029

WOLKOFF, P.; NIELSEN, G. D. Organic compounds in indoor air – Their relevance for perceived indoor air quality? **Atmospheric Environment**, v. 35, p. 4407-4417, 2001. ISSN 1352-2310

WOLKOFF, P.; CLAUSEN, P.A.; JENSEN, B.; NIELSEN, G.D.; WILKINS, C.K. Are we measuring the relevant indoor pollutants? **Indoor Air**, v.7, n. 1, p. 92-106. Lyngby: Blackwell Publishing, 1997. ISSN 0905-6947

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Indoor Air Quality: Organic Pollutants**. EURO Reports and Studies No. 111, World Health Organization, Copenhagen. 1989.

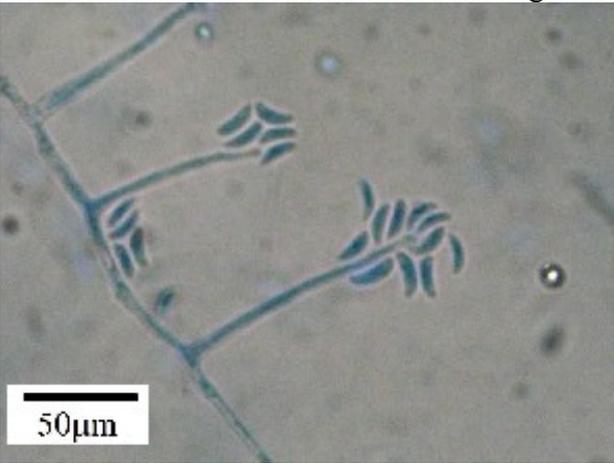
WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Programmes and Projects: Indoor Air Pollution**. Disponível em: < www.who.int/indoorair/en/ > Acesso em: 17 de jan. 2008

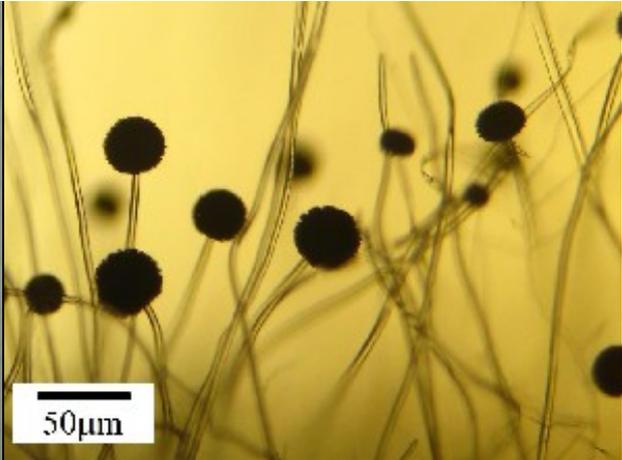
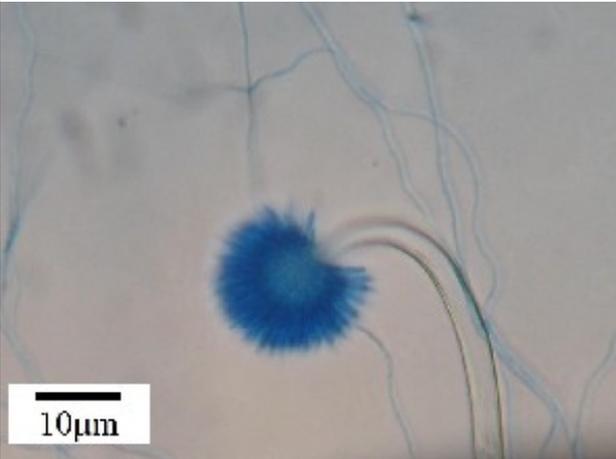
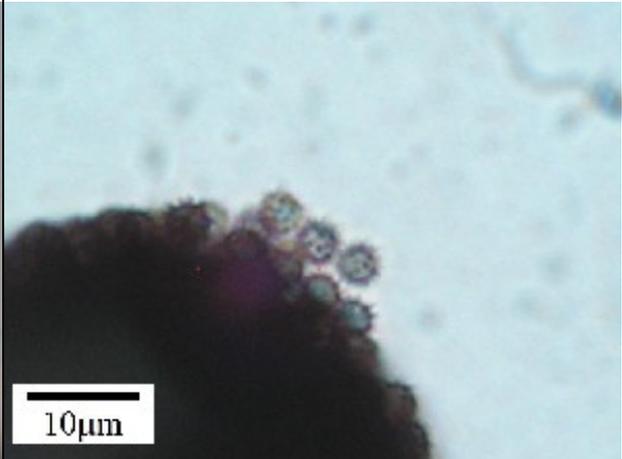
ZHANG, Yuanhui. **Indoor Air Quality Engineering**. Boca Raton: CRC Press, 2004. 615p. ISBN:1566706742

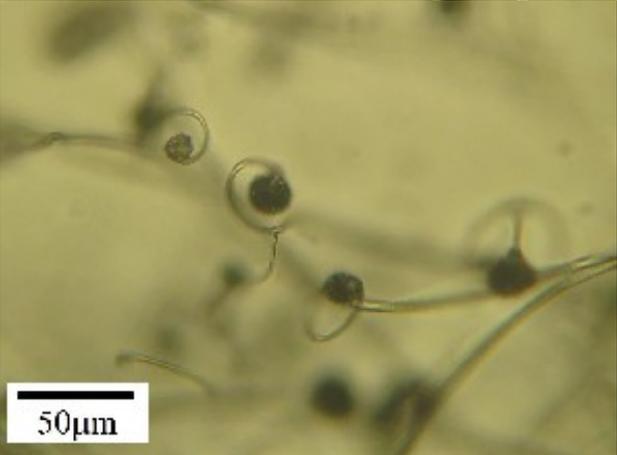
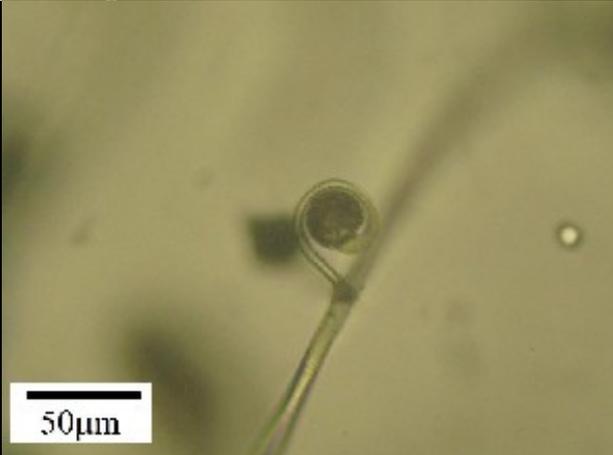
ZORMAN, Tina. JERSEK, Bárbara. Assessment of bioaerosol concentrations in different indoor environments. **Indoor and Built Environment**, n. 17, v. 2, p. 155-163, 2008. ISSN 1423-0070

APÊNDICE – DESCRIÇÃO DOS FUNGOS IDENTIFICADOS

Podem ser observadas imagens do aspecto macroscópico das colônias desenvolvidas no meio de cultura ágar Sabouraud dextrose (ASD), em tubos de ensaio. Também foram selecionadas fotomicrografias das estruturas características de cada gênero.

Gênero: <i>Acremonium</i> (ordem: Moniliales; família: Moniliaceae).	
Local(is): UTN	Número de Isolados: 2
Características Macroscópicas (observadas em ágar Sabouraud dextrose): Colônia filamentosa, de coloração branca a bege, com reverso branco	
Características Microscópicas: Possui hifas septadas hialinas, longas e finas. Apresenta clamidósporos (estruturas globosas na ponta de hifas especializadas); apresenta esporos hialinos aderidos sobre uma matriz gelatinosa na ponta de hifas especializadas.	
Aspecto das colônias em ASD:	
	
Fotomicrografias:	
Conídios corados com corante azul de algodão	Clamidósporo :
	

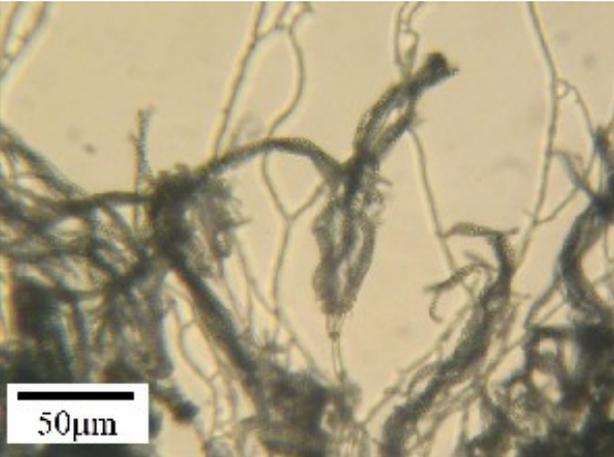
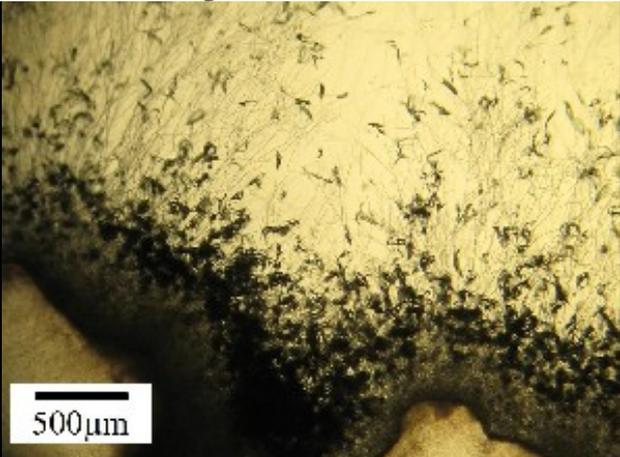
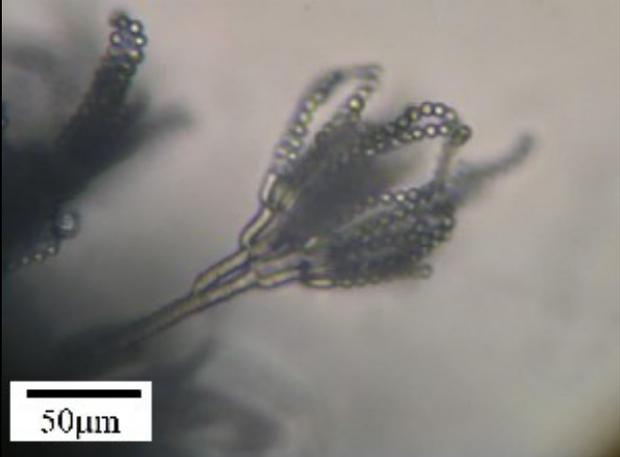
Gênero: <i>Aspergillus</i> (ordem: Eurotiales; família: Trichocomaceae)	
Local(is): UTI, UTN, CC1, CC3	Número de Isolados: 15
Características Macroscópicas (observadas em ágar Sabouraud dextrose): Colônia filamentosa. Micélio inicialmente branco, evoluindo para uma variedade de cores, na maioria dos casos verde, podendo ser amarelo, negro ou mesmo permanecendo branco. Cor do reverso geralmente branca, podendo, em alguns casos, ser bege ou amarelada.	
Características Microscópicas: Possui hifas septadas e hialinas. Apresenta conidióforos bem diferenciados, que se desenvolveram rapidamente em microcultivo (dentro de 24 horas). Os conídios globosos e ornamentados se formam de forma radial na ponta da fiálide reta e solitária.	
Aspecto das colônias em ASD:	
	
Conidióforos (fotomicrografia):	
	
Conidióforo (fotomicrografia):	Detalhe mostrando esporos ornamentados:
	

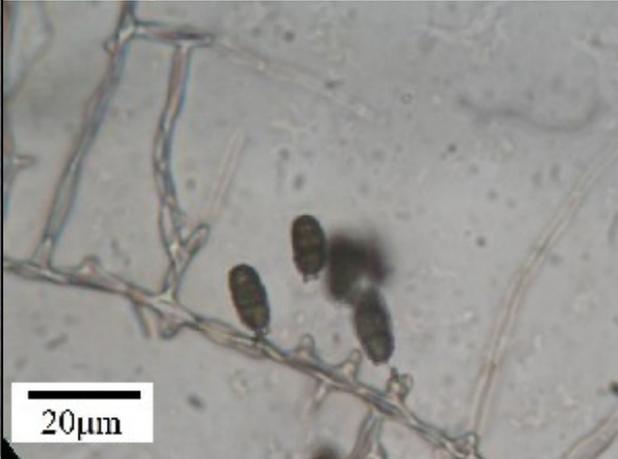
Gênero: <i>Circinella</i> (ordem Mucorales; família Mucoraceae)	
Local(is): CC1	Número de Isolados: 1
Características Macroscópicas (observadas em ágar Sabouraud dextrose): Colônia filamentosa com micélio volumoso, de coloração cinza e uniforme.	
Características Microscópicas: Apresenta hifas não-septadas e sub-hialinas. Possui esporângios globosos e escuros, formados na ponta de esporangióforos curtos, solitários e circinados (curvado sobre si próprio).	
Aspecto da colônia em ASD:	
	
Esporângios (fotomicrografias):	
	

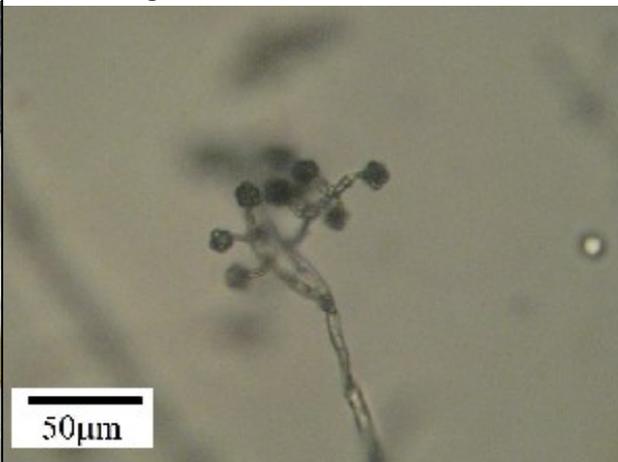
Gênero: <i>Cladosporium</i> (ordem: Moniliales; família: Dematiaceae)	
Local(is): UTI, UTN, CC1	Número de Isolados: 8
Características Macroscópicas (observadas em ágar Sabouraud dextrose): Apresenta hifas escuras. Conídios sub-hialinos ou na coloração marrom-claro, são elípticos ou cilíndricos, terminais em conidióforos ramificados.	
Características Microscópicas: Apresenta hifas hialinas. Conídios hialinos ou na coloração marrom-claro, são elípticos ou cilíndricos, terminais em conidióforos ramificados.	
Aspecto da colônias em ASD:	
	
Conidióforos com conídios (fotomicrografias):	
	

Gênero: <i>Curvularia</i> (ordem: Pleosporales; família: Pleosporaceae)	
Local(is): CC3	Número de Isolados: 1
Características Macroscópicas (observadas em ágar Sabouraud dextrose): Colônia com aparência acamurçada. Micélio rosado, com reverso bege.	
Características Microscópicas: As hifas são septadas e sub-hialinas (escuras). Os conidióforos são solitários e nos seus ápices se desenvolvem os conídios que também apresentam coloração escura. Estes são formados por 3 a 4 células, e a segunda célula é mais protuberante, o que lhe confere uma aparência curvada.	
Aspecto da colônia em ASD:	Conidióforo com conídios (fotomicrografia):
	

Gênero: <i>Fusarium</i> (ordem: Hypocreales; família: Hypocreaceae)	
Local(is): UTN	Número de Isolados: 2
Características Macroscópicas: Colônia filamentosa de crescimento difuso, com micélio rosado com reverso branco.	
Características Microscópicas: Apresenta hifas hialinas e septadas. Apresenta clamidósporos, microconídios e macroconídios hialinos. Os microconídios foram visualizados com abundância, afixados em uma matriz gelatinosa, na ponta de fiáides curtas e pouco diferenciadas das hifas.	
Aspecto de uma colônia em ASD:	
	
Microconídios (fotomicrografia):	Macroconídios (fotomicrografia):
	

Gênero: <i>Penicillium</i> (ordem: Eurotiales; família: Trichomaceae)	
Local(is): UTN, CC1, CC3	Número de Isolados: 14
Características Macroscópicas (observadas em ágar Sabouraud dextrose): Colônia filamentosa. Quando jovem, apresenta micélio branco, que evolui para verde oliva ou acinzentado, enquanto as bordas das colônias permanecem brancas. O reverso é branco; em um caso o reverso era rosa.	
Características Microscópicas: As hifas são hialinas e septadas. Apresenta conídios globosos e catenulados na ponta de conidióforos ramificados e diferenciados das hifas.	
Aspecto das colônias em ASD:	
	
Conidióforos com conídios (fotomicrografias):	
	
	

Gênero: <i>Pithomyces</i> (ordem: Dothideales; família: Pleosporaceae)	
Local(is): CC1	Número de Isolados: 1
Características Macroscópicas (observadas em ágar Sabouraud dextrose): Colônia filamentosa, com micélio de coloração uniforme, variando entre bege e marrom claro, reverso marrom.	
Características Microscópicas: Hifas sub-hialinas. Os conídios são formados na extremidade de conidióforos curtos que se desenvolvem ao longo da hifa. Os conídios são escuros e multicelulares (apresentam 3 a 4 septos), com formato oblongo, e ornamentados (verrugosos).	
Fotomicrografias:	
Aspecto das colônias em ASD:	Fotomicrografia dos conidióforos e conídios:
	

Gênero: <i>Trichoderma</i> (ordem: Hypocreales; família: Hypocreaceae)	
Local(is): UTI, UTN, CC3	Número de Isolados: 4
Características Macroscópicas (observadas em ágar Sabouraud dextrose): Colônia filamentosa, com micélio branco, apresentando pequenas manchas de coloração verde-escuro ou espalhadas sobre o micélio, reverso branco.	
Características Microscópicas: As hifas são hialinas e septadas. Os conidióforos são hialinos e ramificados, ligados às fiálides por ângulos mais ou menos retos. Múltiplos conídios globosos e escuros são ligados à ponta de cada conidióforo.	
Fotomicrografias:	
Aspecto das colônias em ASD:	Fotomicrografia dos conidióforos e conídios:
	

Gênero: <i>Verticillium</i> (ordem: Hypocreales; família: Hypocreaceae)	
Local(is): CC3	Número de Isolados: 1
Características Macroscópicas (observadas em ágar Sabouraud dextrose): Colônia com micélio branco bem difuso e reverso branco.	
Características Microscópicas: As hifas são hialinas e septadas. Os conidióforos são hialinos e ramificados, e se desenvolvem de forma radial a um eixo central.	
Fotomicrografias:	
Aspecto da colônia em ASD:	Fotomicrografia dos conidióforo e conídios:
	