

**UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL – UNISC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL**

ELIANA CACIA DE MELO MACHADO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES INTERNO HOSPITALAR -
ENFASE AO CENTRO CIRÚRGICO DE UM HOSPITAL GERAL DO VALE DO RIO
PARDO, RS**

Santa Cruz do Sul, outubro de 2011

Eliana Cácia de Melo Machado

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES INTERNO HOSPITALAR -
ENFASE AO CENTRO CIRÚRGICO DE UM HOSPITAL GERAL DO VALE DO RIO
PARDO, RS**

Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrado do Programa de Pós Graduação em
Tecnologia Ambiental da Universidade de
Santa Cruz do Sul como requisito parcial
para obtenção do Título de Mestre em
Tecnologia Ambiental.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Rosana de Cassia de
Souza Schneider

Santa Cruz do Sul, 2011

Eliana Cacia de Melo Machado

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES INTERNO HOSPITALAR -
ENFASE AO CENTRO CIRÚRGICO DE UM HOSPITAL GERAL DO VALE DO RIO
PARDO, RS**

Esta dissertação foi submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado, Área de Concentração em Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Dr^a Ruth Marlene Campomanes Santana

Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS

Dr. Valeriano Antonio Corbellini

Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC

Dr^a Rosana de Cassia de Souza Schneider

Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Orientadora

*“Um dia é preciso parar de sonhar e
de algum modo partir...
É melhor tomar um caminho,
desembarcar dos sonhos e
tomar uma atitude.
Mil vezes a perspectiva
de enfrentar a pior tempestade
do que as normais calmarias sem rumos,
sem ir a lugar nenhum...
Barcos de verdade não navegam por acaso...
Não existem atividades humanas sem riscos...
O risco maior da grande viagem está na
capacidade de se preparar...
O que importa na verdade,
é o material de que é feita a vontade
e não o barco...
No mar, conta mais, infinitamente,
mais que a experiência,
a iniciativa,
o respeito
e a capacidade
de aprender.
É preciso ir além de mares demarcados...
Uma travessia não termina
em qualquer lugar, mas num ponto preciso,
escolhido e alcançado.
E, quando não se toca esse ponto
travessia nenhuma existe”.*

(Fernando Pessoa)

RESUMO

A poluição atmosférica está diretamente relacionada ao processo evolutivo, assim como a qualidade do ar ambiente está intrinsecamente associada à saúde. No caso específico das instituições de saúde a qualidade do ar pode exercer influência direta no tempo de recuperação dos pacientes, nas taxas de absenteísmo dos trabalhadores e na ocorrência de infecções hospitalares. Sendo o principal objetivo de uma instituição hospitalar a prestação de serviços com qualidade, eficiência e eficácia, as áreas críticas devem receber atenção especial. O atendimento prestado no centro cirúrgico, pelo grau de invisibilidade dos procedimentos cirúrgicos e anestésicos e a conseqüente diminuição das defesas orgânicas, faz com que este momento seja o principal determinante para a ocorrência de infecção hospitalar no pós-cirúrgico. Frente a esse cenário, foi desenvolvido o estudo, num hospital geral, localizado no Vale do Rio Pardo no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, afim de, avaliar a qualidade do ar das salas do centro cirúrgico. Foi realizada uma avaliação dos parâmetros de confortabilidade, análise microbiológica e cromatográfica dos filtros dos aparelhos de condicionados. Para a análise dos resultados foi considerado as atividades realizadas no centro cirúrgico e as possibilidades de impactos na qualidade do ar. Constatou-se que os principais aspectos relacionados à qualidade do ar no hospital em estudo são atendidos. No entanto, há a necessidade de modificação estrutural no sistema de condicionamento de ar nas salas de cirurgia para que se reduza a possibilidade de contaminações por via atmosférica, e a concentração de CO₂ no ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade do ar hospitalar, centro cirúrgico, ar condicionados

ABSTRACT

Air pollution is directly related to the evolutionary process, as well as ambient air quality is intrinsically linked to health. In the specific case of the health institutions, the air quality can exert direct influence on the recovery time of patients, the rate of absenteeism of workers and the occurrence of hospital infections. Since the main purpose of a hospital is the provision of quality, efficiency and effectiveness services, critical areas should receive special attention. The care provided in the operating room, given the degree of invisibility of surgical and anesthetic procedures and the consequent reduction of organic defenses, makes this moment main determinant for the occurrence of infection in following surgery procedures. Faced with this scenario, the study was developed in a general hospital, located in Vale do Rio Pardo in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, in order to assess the air quality of the rooms of the operating room. An evaluation of comfort parameters, microbiological and chromatographic analysis of the filters constrained devices was carried out. For the analysis of the results was considered the activities performed in the operating room and the potential impacts on air quality.. It was found that the main aspects related to air quality in the hospital under study are met. However, there is the need for structural change in the system of air conditioning in operating rooms in order to reduce the possibility of contamination by atmospheric and the environment CO2 concentration.

KEYWORDS: air quality hospital, surgical center, air conditioned

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos são destinados a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste sonho.

A DEUS, obrigada por proteger a minha família, minha saúde, meu trabalho, meus colegas e os mestres que tive o prazer de conviver.

Aos meus pais, por terem me ensinado os valores e princípios da persistência, do respeito e da dignidade. Obrigada pelo amor incondicional que vocês demonstram ter por mim.

À Maria Eduarda, luz dos meus olhos, poesia da minha vida. *Minha filha* perdoe a minha ausência! EU AMO VOCÊ.

Ao Roger, meu esposo, amigo e companheiro. Obrigado por cuidar da nossa família por me incentivar todos os dias.

À UNISC/HSC/CEPRU, pois é neste círculo que a minha vida acontece!

A Dra. Dóris Medianeira Lazaroto Swarowski pelo carinho e incentivo para que eu me desenvolva cada vez mais pessoal e profissionalmente.

As minhas equipes de enfermagem do HSC e da ADM Enfermagem e, também, a equipe multidisciplinar de Medicina da Philip Morris Brasil.

E por último, mas muito importante, a profe Rosana, minha orientadora. Agradeço a ti pela confiança a mim depositada. É uma excepcional professora, que Deus continue te abençoando com esse dom que é ensinar.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema representativo do sistema de refrigeração do tipo Fan-coil (QUADROS ET AL, 2008).....	35
Figura 2: Concentração de CO ₂ nas salas cirúrgicas do CC.....	50
Figura 3: Cromatograma do material sólido dos filtros dos ar condicionados.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais poluentes do ar interno, origem e fontes.....	14
Tabela 2 - Efeitos da exposição ao CO em diferentes concentrações.....	15
Tabela 3 - Poluentes e possibilidades de contaminação do CC.....	46
Tabela 4 - Dados referentes à confortabilidade das SC.....	47
Tabela 5 - UFC nas amostras de MP nos aparelhos de ar condicionado das SC.....	51
Tabela 6 - Análise microbiológica das SC 1, 2 3 e 3.....	52
Tabela 7 - Parâmetros referenciais microbiológicos de QAI, segundo a CP nº 109.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIDS	Síndrome da Imunodeficiência Adquirida
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CC	Centro Cirúrgico
CME	Centro de Materiais Esterilizados
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
ETS	Fumaça de Cigarro (<i>Environmental Tobacco Smoke</i>)
HPA	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
H ₂ CO	Formaldeído
IH	Infecção Hospitalar
MP	Material Particulado
MP _{2,5}	Material Particulado de diâmetro inferior a 2,5µm
MP ₁₀	Material Particulado de diâmetro inferior a 10µm
NBR	Norma Brasileira Registrada
NO	Óxido de Nitrogênio
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
NO _x	Óxido de Nitrogênio
O ₃	Ozônio
PTS	Partículas Totais em Suspensão
ppm	Parte por Milhão
ppb	Parte por Bilhão
QAI	Qualidade do ar interno
SED	Síndrome do Edifício Doente
SC	Salas Cirúrgicas
SO ₂	Dióxido de Enxofre
Tb	Tuberculose Pulmonar
UFC	Unidades Formadoras de Colônia

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	10
2.FUNDAMENTAÇÃO TEORICA.....	14
2.1.Principais poluentes do ar interno.....	14
2.2.Principais Poluentes Físico-Químicos	15
2.2.1.Monóxido de Carbono (CO)	15
2.2.2.Dióxido de Carbono (CO2).....	16
2.2.3.Dióxido de Enxofre (SO2).....	17
2.2.4.Óxidos de nitrogênio (NOX).....	18
2.2.5.Ozônio (O3).....	19
2.2.6.Compostos Orgânicos Voláteis (COV).....	19
2.2.7.Material Particulado (MP).....	22
2.2.8.Fumaça de Cigarro (ETS - Environmental Tobacco Smoke).....	22
2.3.Principais poluentes biológicos.....	23
2.3.1.Bactérias Patogênicas.....	24
2.3.2.Vírus.....	27
2.3.3.Fungos.....	28
2.3.4.Bioaerossóis Alergênicos.....	30
2.4.Odores.....	31
2.5.Fumaça cirúrgica.....	32
2.6.Os sistemas de condicionamento de ar e qualidade do ar interno (QAI)	32
2.6.1.A Legislação.....	32
2.6.2.Os sistemas de climatização de ambientes internos	33
2.6.3.Os sistemas de climatização - ambiente hospitalar.....	35
2.7.Condições de conforto: temperatura, luminosidade e renovação do ar.....	36
2.8.Particularidades de Centro Cirúrgico e infecção hospitalar.....	37
3.METODOLOGIA.....	42
3.1.Local de Pesquisa.....	42
3.2.Monitoramento de parâmetros de conforto.....	43
3.3.Análise microbiológica.....	43
3.4.Análise compostos voláteis.....	44
4.RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

O ar é um recurso natural vital para os seres vivos, onde a sua qualidade é verificada através da presença de poluentes que podem torná-lo prejudicial à saúde, do homem, animais e plantas, inconveniente ao bem público, e às atividades normais, lúdicas e de lazer da comunidade. Historicamente, a poluição atmosférica esta diretamente relacionada ao processo evolutivo, bem como a qualidade do ar ambiente esta intrinsecamente associada à saúde dos homens (AMARAL; PIUBELI; 2003).

A poluição do ar vista de modo sistêmico, atinge o ecossistema como um todo, contamina as três grandes interfaces naturais: água, terra e ar. Com avanço da sociedade e das áreas tecnológicas, os ambientes de trabalho se tornam cada vez mais “reclusos”. Face à evolução dos processos inseriu-se a necessidade do conhecimento do homem sobre a engenharia e arquitetura do ambiente interno e o externo dos prédios. Neste contexto, exigências foram progressivamente sendo adicionadas aos requisitos básicos de segurança e confortabilidade das edificações. Além dos locais de trabalho se tornar cada vez mais fechados, o seu grau de automatização e dependência de equipamentos sofisticados de ventilação, refrigeração e exaustão, faz com que alternativas para a redução nos gastos de energia fossem desenvolvidas (BRAGA, 2003).

Segundo pesquisa de Zhan (2004), Statholoupou (2008) e Wang; Ang; Tade (2007), o nível de poluentes no ar de ambientes internos é freqüentemente maior do que no ar externo, sendo que é possível encontrar efeitos graves sobre a saúde mesmo quando os poluentes se encontram dentro dos padrões de segurança preconizados na legislação. Muitas vezes estes níveis também estão relacionados com a pouca consciência da população com relação a renovabilidade do ar.

Para Hien (2001), a poluição do ar é o resultado da emissão de gases poluentes, líquidos ou de partículas sólidas na atmosfera que são emitidas de diversas formas dentre elas a utilização de combustíveis para a produção de energia e/ou a queima de resíduos urbanos, industriais, agrícolas e florestais, entretanto de

todos os processos contaminantes do ar, a atividade humana a que mais contribui para a poluição do ar global.

Relatos do início de uso de climatização de ar em ambientes datam a década de 30 no século XX, entretanto a qualidade do ar era aferida somente pelo controle de temperatura e umidade, o índice de renovação do ar não era controlado. Logo com o passar dos anos percebeu-se que os indivíduos que passavam muito tempo em ambientes climatizados começaram a apresentar mais freqüentemente doenças respiratórias, bem como a mobília e pintura do espaço físico apresentava deterioração. Surgiu aí a preocupação com os poluentes do ar de ambientes internos, e a má qualidade do ar interno (QAI) de prédios ficou conhecida como “Síndrome do Edifício Doente - SED”. (SIQUEIRA, 2000; BRICKUS; AQUINO NETO, 1999).

Pesquisas referentes à qualidade do ar interno, também referem que muitas vezes, o ar interno de um local de trabalho ou residência pode estar mais poluído que o ar externo mesmo nos grandes centros urbanos. Um alerta à qualidade do ar se dá aos serviços de saúde, todavia que, inúmeros trabalhadores desta área passam toda a sua vida produtiva exercendo sua atividade em ambientes fechados como é o caso dos profissionais que atuam em hospitais e mais especificamente em unidades fechadas. A exposição a poluentes do ar é um fenômeno que influencia a sobrevivência dos seres vivos, conseqüentemente, o rendimento do trabalho elevando as estatísticas das doenças alérgicas e respiratórias (WHO, 2011).

De acordo com as recomendações da Sociedade Brasileira de Enfermeiros de centro cirúrgico (CC), sala de recuperação pós-anestésica (SRPA) e centro de materiais esterilizados (CME). Práticas recomendadas – SOBECC (2007), os setores dentro das instituições de saúde hospitalares são classificados de acordo com o potencial de transmissibilidade de infecção e, separadas em áreas não-críticas (área administrativa), áreas semi-críticas (enfermarias de internação) e áreas críticas (oferecem alto risco para infecção).

Sendo o principal objetivo de uma instituição hospitalar a prestação de serviços com qualidade, eficiência e eficácia, as áreas críticas devem receber atenção especial, pois, devido à realização de procedimento invasivos, grande fluxo de pessoas, trânsito de equipamentos e abertura constante de portas das salas há uma maior turbulência do ar, o que torna vulnerável a disseminação e infestação de patógenos. As precauções para controle da infecção hospitalar (IH) atingem um nível complexo em ambientes reclusos. O atendimento prestado no Centro Cirúrgico, pelo grau de invisibilidade dos procedimentos cirúrgicos e anestésicos e a conseqüente diminuição das defesas orgânicas, faz com que este momento seja o principal determinante para a ocorrência de infecção hospitalar no pós-cirúrgico (BRASIL, 2003; ABNT 2005).

A infecção hospitalar ¹ é considerada um problema grave, crescendo tanto em incidência quanto em complexidade, gerando diversos tipos de implicações sociais e econômicas. Neste sentido, a finalidade do controle ambiental em um centro cirúrgico é minimizar o risco da propagação pela atmosfera, materiais e outros, diminuindo a incidência de infecção hospitalar, bem como zelar pela segurança e saúde dos trabalhadores. Os fatores de risco de infecção hospitalar, em indivíduos que se submetem a um procedimento cirúrgico, são múltiplos e estão interligados. Pesquisas nessa área apontam que a causa maior, cerca de 70 a 80% das infecções hospitalares referentes ao sítio cirúrgico ² são de origem endógena. A segunda causa de transmissão é exógena, transmitidas principalmente pelas vias aéreas superiores e pelas mãos dos profissionais da saúde que atuam na área hospitalar (Cataneo et al, 2004).

Surtos de Infecção Hospitalar também podem estar associados à contaminação aos filtros dos equipamentos de climatização do ar com bioaerossóis ³ patógenos aos seres humanos. Bretagne et al (1997), relatam casos de infecção hospitalar por Aspergiloses cutâneas em pacientes submetidos a transplantes de

¹ Infecção adquirida após a admissão do paciente, e que se manifesta durante a internação ou após a alta, quando puder ser relacionada com a internação ou procedimentos hospitalares (BRASIL, 1998).

² Infecção do órgão/espaco, que envolve qualquer parte da anatomia aberta ou manipulada durante o procedimento cirúrgico com exceção da incisão de parede (RABHAE;RIBEIRO; FERNANDES. 2000).

³ Os bioaerossóis são partículas de origem biológica suspensas no ar (CAVINATTO, 199

medula óssea, cuja fonte de contaminação, após investigação, foi o fluxo de ar laminar da sala de recuperação pós anestésica do Centro Cirúrgico. Estudos de Eickhoff (1994) alertam que as infecções estafilocócicas, transmitidas por partículas aéreas, em hospitais têm ocorrido particularmente nos centros cirúrgicos e nas enfermarias médico- cirúrgicas. Este mesmo autor relata que no Hospital Geral de Toronto no Canadá, houve uma epidemia do vírus gastroentérico por um período de três semanas, atingindo 635 pessoas e crianças, segundo investigações o vírus foi provavelmente disseminado pelo sistema de ar condicionado do hospital. Mc Donald et al (1998), descrevem o aparecimento de infecção por *Acinetobacter sp* na corrente sanguínea de crianças internadas, com a ocorrência de seis óbitos. A epidemia foi associada aos aerossóis contaminados disseminados pelo sistema de ar condicionado (AFONSO et al, 2004; RABHAE RIBEIRO-FILHO; FERNANDES, 2000).

Frente a esse cenário, foi desenvolvido este estudo, num hospital-escola, localizado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, objetivando avaliar a qualidade do ar do Centro Cirúrgico. Diante da relevância do tema e pelo fato de existirem poucos estudos no Brasil nesta importante área da Saúde Pública, ressalta-se a necessidade de desenvolver programas de estudos da qualidade do ar de interiores, dentro de um contexto multinterdisciplinar, visando contribuir para um melhor entendimento da questão e para o delineamento de indicadores que potencializem a saúde e o bem-estar dos ocupantes em tais ambientes.

Espera-se que esta pesquisa venha a contribuir com sugestões para melhorias e adaptações no setor hospitalar onde foi desenvolvido o estudo. O momento torna-se propício, uma vez que o hospital encontra-se em fase de reestruturação geral. Além disso, os dados encontrados no trabalho servem de parâmetros para avaliar a contaminação ambiental e, podem ajudar no mapeamento dos índices de infecção hospitalar.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

2.1. Principais poluentes do ar interno

As características do ar interno dependem diretamente da qualidade do ar externo, mas, também, podem ser afetadas pelas atividades realizadas dentro das edificações, como por exemplo, o tabagismo e higienização do ambiente com produtos químicos. Os poluentes do ar são diferenciados quanto a sua natureza: físico, químico ou biológico. Embora alguns autores prefiram a classificação de biológico e não-biológico (GIODA; NETO, 2003).

Abaixo, na Tabela 1, são apresentados os principais poluentes do ar e indicados suas principais fontes.

Tabela 1 - Principais poluentes do ar interno, origem e fontes

	POLUENTE	EXEMPLO DE FONTES
FÍSICO-QUÍMICOS	Calor	Metabolismo humano, sistema de ar condicionado, processo de cozimento de alimentos.
	Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	Adesivos, tintas, solventes, materiais de construção, combustão, fumaça de tabaco.
	Monóxido de Carbono (CO)	Queima de combustíveis, aquecedores de água, fogões, aquecedores a gás ou a querosene, fumaça de tabaco.
	Dióxido de Carbono (CO ₂)	Atividade metabólica dos seres vivos, combustão, motores veiculares em garagens.
	Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
	Oxido de Nitrogênio (NOx)	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).
	Material Particulado	Re-suspensão, fumaça de tabaco, combustão
	Fibra de amianto	Insulação, materiais anti-chamas.
	BIOLÓGICOS	Alergênicos
Pólen		Plantas de exterior e de interior.
Microrganismos: fungos, bactérias, vírus		Pessoas, animais, plantas e vasos, sistemas de ar condicionado.
Esporos de Fungos		Solo, plantas, alimentos, superfícies internas

Fonte: Adaptado de Jones, 1999.

2.2. Principais Poluentes Físico-Químicos

Dentre as diferentes fontes poluidoras da atmosfera, a seguir será descrito alguns poluentes classificados como físico-químico e de maior relevância para o estudo da qualidade do ar.

2.2.1. Monóxido de Carbono (CO)

O monóxido de carbono é um gás incolor, inodoro e insípido resultante da combustão incompleta de combustíveis contendo carbono, incluindo gasolina e óleo diesel, este é rapidamente absorvido pelo organismo a partir dos pulmões. Já na corrente sanguínea ele reage com moléculas de hemoglobina formando a carboxihemoglobina, isso reduz a capacidade carreadora de oxigênio do sangue, que por sua vez prejudica a liberação de oxigênio para os tecidos e afeta órgãos vitais, como o cérebro e coração. A exposição mesmo que a concentração baixas como 10 ppm (partes por milhão), já podem comprometer o organismo, causando sensação de fraqueza, sonolência e irritação periorbital. Uma a exposição a um ambiente com concentração de CO de 40ppm pode levar ao óbito em minutos (ALBUQUERQUE NETO, 2005; QUADROS et al, 2008, WHO, 2011).

Salienta-se que em ambientes internos este gás pode estar presente devido, principalmente, a interação com ambientes externos poluídos. Na Tabela 2 podem-se observar efeitos do monóxido de carbono em diferentes concentrações, destacando que estas variáveis também dependem do tempo de exposição.

Tabela 2 - Efeitos da exposição ao CO em diferentes concentrações

CONCENTRAÇÃO DE CO (mg L ⁻¹)	TEMPO DE EXPOSIÇÃO	EFEITOS
> 100	10 minutos	"stress" fisiológico em indivíduos com doença prévia cardiovascular. Risco de óbito
100	Intermitente	Diminuição de desempenho em teste psicomotor
50	90 minutos	Diminuição da capacidade de estimar intervalos de tempo
30	Acima de 12 horas	Carbono elevado nos níveis de hemoglobina com redução do transporte de O ₂

Fonte: ALBUQUERQUE NETO, 2005.

2.2.2. Dióxido de Carbono (CO₂)

Resultante de processos metabólicos e de queima, o dióxido de carbono é um gás incolor, inodoro. Sua toxicidade á saúde humana está no seu poder asfixiante. Verifica-se que concentração global de dióxido de carbono na atmosfera aumentou de 280 ppm para 379 ppm. Houve um aumento médio de 1,4 ppm de 1960 a 2005, sendo que a faixa natural dos últimos 650.000 anos é de 180 a 300 ppm. Sua concentração continua aumentando 0,5% por ano, o que é preocupante uma vez que o gás carbônico contribui ativamente para aumentar o efeito estufa. Fogões a gás, aquecedores não ventilados que utilizem algum processo de combustão, veículos motores em garagem, atividade metabólica de seres humanos e animais estão entre as principais fontes internas de CO₂. Os locais onde os ocupantes permanecem a maior parte do tempo têm a tendência de apresentar as concentrações mais altas. Levando em consideração somente o metabolismo humano, os níveis de CO₂ podem exceder a 3000 ppm em salas com ventilação inadequada ou com um número excessivo de pessoas (MOUVIER, 1997; TRENBERTH et al, 2007).

Um aumento da concentração interna de CO₂ provoca aumento na acidez do sangue que, por sua vez, aumenta a taxa e a profundidade da respiração. A concentração de dióxido de carbono tornou-se um indicador da qualidade do ar interno. Indica ainda, a adequabilidade da ventilação e pode ser usado para determinar se outros contaminantes internos se acumularam ou não, sendo utilizada também como uma medida de conformidade com vários padrões. Contudo, os níveis de CO₂ devem ser usados com cuidado como indicadores de qualidade do ar interior aceitável, pois pode haver outro contaminante em concentrações mais expressivas e pode haver também erros nas medidas das concentrações de dióxido de carbono ou variações temporais nessas medidas que, por conseguinte, podem levar a erros de interpretação dos níveis internos (CARMO; PRADO, 1999).

2.2.3. Dióxido de Enxofre (SO₂)

O dióxido de enxofre é um gás incolor com um cheiro asfixiante característico. É um dos produtos da combustão de combustíveis fósseis, tais como carvão e óleo, sendo usado e liberado na atmosfera em muitos processos industriais, sendo produzido também sempre que algum composto contendo enxofre é queimado. Portanto, são diversas as fontes de contaminação. O dióxido de enxofre prejudica a saúde humana. É altamente solúvel em água e, por isso, é rapidamente absorvido pelo muco nas membranas do sistema respiratório, além de ser muito prejudicial aos olhos. Em contato com a água forma-se ácido sulfúrico e ácido sulfuroso (CARMO; PRADO, 1999; BRAGA, 2005).

Conforme Gionda e Neto (2003), durante a respiração normal ele é absorvido primeiramente pelos tecidos nasais e durante a respiração oral, grandes quantidades de SO₂ podem atingir o trato respiratório inferior. Os impactos do SO₂ no ambiente e na saúde são os seguintes:

- ✓ Contribui para doenças respiratórias, particularmente em crianças e em idosos, e agrava doenças do coração e do pulmão;
- ✓ Contribui para a formação da chuva ácida, formada quando o dióxido de enxofre reage com a umidade da atmosfera produzindo ácido sulfúrico, agente corrosivo que danifica árvores, prédios e monumentos históricos, estátuas que ficam expostas ao ar livre, e faz com que os solos, lagos e os rios fiquem ácidos;
- ✓ Contribui para a formação de partículas atmosféricas que causa danos visíveis em parques nacionais.

Segundo Lee et al (2001), métodos quantitativos de determinação de SO₂ na atmosfera encontram-se bastante desenvolvidos, por causa das preocupações ambientais relacionadas à “chuva ácida”. Assim como os óxidos de nitrogênio, o dióxido de enxofre e os poluentes formados a partir dele, como as partículas de

sulfato, podem ser transportados por longas distâncias e depositados longe do seu local de origem. Devido a esse fato, os problemas relacionados com SO_2 não são confinados em áreas onde são emitidos. Assim como outros poluentes gerados em ambientes externos, os óxidos de enxofre entram nos ambientes internos através dos sistemas de ventilação.

2.2.4. Óxidos de nitrogênio (NO_x)

Óxidos de nitrogênio é um termo genérico para um grupo de gases altamente reativo, todos eles contêm nitrogênio e oxigênio em quantidades variáveis. Muitos óxidos de nitrogênio são incolores e inodoros. São formados quando o combustível é queimado a altas temperaturas. As fontes primárias de NO_x são os motores dos veículos, utilidades elétricas, e fontes industriais, comerciais ou residenciais que queimam combustíveis. O óxido nítrico (NO) é um gás venenoso, incolor e inodoro, produzido em combustões a alta temperatura. O NO reage rapidamente com o oxigênio do ar, produzindo o dióxido de nitrogênio (NO_2), gás muito tóxico, castanho avermelhado e com um cheiro forte. Ele é um dos principais componentes externos da poluição do ar, absorvendo a luz do sol e formando uma névoa marrom-amarelada que às vezes pode ser observada acima das grandes cidades (EPA, 2010).

Quanto mais a combustão se dá de forma regular, mais a temperatura se eleva e mais óxidos de nitrogênio se formam. Acontece o mesmo quando um motor de automóvel funciona numa rotação mais elevada. Além disso, a decomposição parcial dos nitratos do solo, ou os relâmpagos das tempestades que provocam uma descarga elétrica no ar, também contribuem para a formação de óxidos de nitrogênio. A conversão do NO em NO_2 é muito rápida, por isso que se avalia o conteúdo da atmosfera em óxidos de nitrogênio (NO_x): $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$. O dióxido de nitrogênio é altamente reativo, ele pode interagir com as superfícies internas e com o mobiliário. O tráfego de veículos é sua principal fonte (QUADROS et al 2008).

Algumas medidas podem ser tomadas para diminuir as concentrações dos óxidos de nitrogênio no ambiente interno. Como exemplo, em residências, os aparelhos que queimam combustíveis devem estar situados em ambientes adequadamente ventilados. Um sistema mecânico de ventilação ajudará a remoção deste e de outros poluentes, prevenindo o acúmulo de gases tóxicos no ambiente interno (EPA, 2010).

2.2.5. 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; NETO, 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; NIELSEN, 2001; GIODA; NETO, 2003).

2.2.6. 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, metilacetato e inúmeros hidrocarbonetos halogenados e perfluorcarbonos. O sistema de registro de substâncias químicas desta mesma agência possui cadastro de 231 compostos pertencentes a esta classe. Em ambientes internos, os COV têm uma definição menos rigorosa

pesquisadores em qualidade do ar interno, 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, sendo que 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 “novas”. Por este motivo, esta é a classe de compostos mais freqüente e mais estudada nos ambientes internos. 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 (WOLKOFF; NIELSEN, 2001; TUCKER, 2004).

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 na atmosfera (BROWN et al., 1994; WANG; ANG; TADE, 2007).

As principais fontes de COV 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, encontrados no ar interno. Uma fonte de COV praticamente onipresente em escritórios e residências é a máquina fotocopiadora ou impressora de papel (WOLKOFF e NIELSEN, 2001; TUCKER, 2004).

Segundo Lee et al. (2006), são mais de sessenta 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. Pesquisas de 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.

De acordo com estudos de Molhave (2004), o COV mais encontrado em ambientes internos é o formaldeído, chegando a ser considerado como um dos mais importantes. 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. Embora as concentrações de cada COV encontrado nos ambientes internos normalmente sejam consideravelmente inferiores a seus limites de tolerância a maioria dos COV causa algum tipo de reação mesmo em baixa concentração, sendo assim a exposição aos produtos da reação entre COV é mais perigosa do que a exposição isolada a estes.

Vários autores como Jones (1999); Choi (2001); Wolkff; Nielsen (2001); Schirmer, (2004); Gioda; Neto, (2003); Molhave, (2004); Wang; Ang; Tade, (2007), Nunes (2005) e Quadros et al (2008), ressaltam que os COV estão diretamente relacionados à síndrome de edifícios doentes, são tóxicos e considerados carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos se a exposição for crônica. 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. A exposição a alguns COV, em concentrações muito elevadas, pode alterar as funções neurocomportamentais e, também, levar ao desenvolvimento de câncer podendo,

também serem tóxicos aos rins e ao fígado, danosos aos componentes do sangue e ao sistema cardiovascular e provocar distúrbios gastrointestinais.

2.2.7. Material Particulado (MP)

A conscientização sobre a poluição do ar tem levado a muitos estudos sobre a composição química das partículas atmosféricas e determinação das fontes de poluidoras. Os gases e partículas componentes da atmosfera contribuem para a deterioração da qualidade do ar e afetam diretamente a saúde da população. O número de conjuntos de dados contendo caracterização química de diâmetro inferior a 10 μm (PM_{10}) constitui um elemento de poluição atmosférica. Além disso, os dados relativos à composição química de frações de tamanho menor como $\text{PM}_{2.5}$, é ainda menos abundantes. No entanto, há uma consistência surpreendente entre os resultados de vários estudos sobre os principais componentes destas partículas em suspensão. O MP é composto por Partículas Totais em Suspensão (PTS), cujo diâmetro $\leq 50 \mu\text{m}$ e pode causar danos a saúde, por fuligem e partículas inaláveis que têm diâmetro de $\leq 10 \mu\text{m}$ (CATANEO et al, 2002).

2.2.8. Fumaça de Cigarro (ETS - *Environmental Tobacco Smoke*)

Apesar de em ambientes internos ser proibido o ato de fumar é importante a análise deste parâmetro uma vez que o tabagista segue expelindo a fumaça, mesmo quando não está fumando, por meio da transpiração da pele, bem como transporta os poluentes do cigarro através de roupas e objetos poluindo desta forma os ambientes. A fumaça de Cigarro é 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 material particulado, nicotina, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, monóxido e dióxido de carbono, acroleína, dióxido de nitrogênio, entre outros (QUADROS et al, 2008).

Mesmo com a proibição do fumo em ambientes internos de uso público e comum em diversos países, a ETS ainda pode ser considerada como o mais prejudicial poluente a saúde, visto que indivíduos não fumantes também são considerados fumantes passivos em ambientes poluídos pela fumaça de cigarro. Em hospitais é expressamente proibido fumar nos ambientes internos, mesmo assim a contaminação pela fumaça do cigarro proveniente de pacientes e trabalhadores tabagista é feita pelo transporte destes poluentes dos ambientes externos (SOBECC, 2007).

Apelos da Organização Mundial da Saúde para a descontinuidade do uso do tabaco e dados sobre a morbi-mortalidade de câncer em indivíduos tabagistas são vinculados todos os dias nos meios de comunicação. Os problemas à saúde imediatos percebidos pela ETS aos fumantes passivos são irritação das vias aéreas superiores, congestão nasal, coriza, tosse entre outros. Tabagistas crônicos têm potencializado o risco de doença coronariana e cerebral (STATHOLOUPOU, 2008; WHO, 2011).

2.3. Principais poluentes biológicos

Os poluentes biológicos também são conhecidos como bioaerossóis. Estes são compostos por fungos, vírus e bactérias, ambos utilizam o MP para se disseminarem. Microrganismos, quando presentes em grande quantidade interferem na qualidade do ar interno e podem ocasionar patologias graves aos ocupantes, tornando desta forma o ambiente insalubre (ROSA, 2005; GRIGOREVSKI-LIMA et al., 2006; LIMA DE PAULA, 2003).

Aqui no Brasil, pesquisas sobre os efeitos adversos da má qualidade do ar a saúde apontam significativos índices de internação hospitalar e de mortalidade no público infantil e em idosos. O mais grave efeito da poluição do ar em ambientes verifica-se no sistema respiratório, sendo as patologias respiratórias as de maior importância para estudos da qualidade do ar interno (NUNES, 2005; QUADROS, 2008; GIODA; NETO, 2003).

2.3.1. Bactérias Patogênicas

São inúmeras as bactérias patogênicas veiculadas através de sistemas centrais de condicionamento de ar e de pessoas no ambiente. A seguir, de acordo com Quadros et al (2008), são descritos as principais bactérias de importância para a saúde humana no contexto da qualidade do ar em ambientes internos, bem como os seus efeitos no organismo humano:

- ✓ ***Pseudomonas sp.*** : o gênero das *Pseudomonas* se refere a bacilos retos ou levemente curvos, que apresentam um ou mais flagelos e que são aeróbios. Especificamente, *Pseudomonas 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;
- ✓ ***Acinetobacter***: é um microrganismo que têm alto poder como fonte de infecção hospitalar. As espécies de *Acinetobacter sp.*, geralmente, são consideradas não-patogênicas em indivíduos saudáveis. Entretanto, diversas espécies persistem em ambientes hospitalares e causam infecções graves que ameaçam a vida de pacientes imunocomprometidos. A resistência aos antibióticos destas bactérias, junto com as suas capacidades de sobrevivência, os torna uma ameaça a hospitais, pois a *Acinetobacter* é frequentemente, relacionada a pneumonia associada à ventilação mecânica em pacientes de terapia intensiva. Além disso, esse microrganismo pode ocasionar infecções grave levando os pacientes a óbito em pouco tempo se não tratada/diagnosticada;
- ✓ ***Klebsiella pneumoniae***: é um bacilo gram-negativo da família Enterobacteriaceae, podendo ser encontrada em trato respiratório alto e trato gastrointestinal e urinário. Causa pneumonia grave, infecção urinária e, que pode evoluir para septicemia e óbitos, principalmente em grupos específicos, como crianças, lactentes, idosos e imunodeprimidos;

- ✓ ***Legionella pneumophila***: esta bactéria está correlacionada a edifícios com SED, causa uma pneumonia que debilita vários órgãos do indivíduo (doença dos Legionários). Possui a habilidade de se reproduzir utilizando amebas aquáticas, desta forma é difícil a sua erradicação em sistemas de abastecimento de água.;
- ✓ ***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;
- ✓ ***Staphylococcus***: estes microrganismos 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 sítios cirúrgicos de ferida operatória. O *Staphylococcus aureus* produz a toxina responsável pela síndrome do choque tóxico, uma infecção grave caracterizada por febre alta e vômitos, que pode ocasionar a morte. Este microrganismo causa também infecções na pele, no sistema nervoso e no sistema músculo esquelético. A sua habilidade de adquirir rapidamente resistência aos antibióticos, representa um perigo para a saúde pública;
- ✓ ***Streptococcus***: Essas bactérias crescem em arranjos de diplococos ou em cadeias de vários indivíduos. O gênero *Streptococcus* é um grupo complexo, provavelmente, responsáveis por um maior número e diversidade de doenças do que qualquer outro grupo de bactérias patogênicas. Entre as patologias deste gênero, estão a febre escarlatina, a faringite e a laringite;
- ✓ ***Streptococcus pneumoniae***: estão presentes em 40 a 70% do trato respiratório dos adultos, sem sintomas. Tendem a causar doenças

indivíduos quando eles estão fragilizados, por exemplo, podem causar pneumonias em doentes com gripe. A pneumonia e a meningite são as manifestações mais freqüentes, e ambas são perigosas podendo levar a morte se não tratadas;

- ✓ ***Mycoplasma***: 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 que pode ocorrer de forma branda, ou atípica;
- ✓ ***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;
- ✓ ***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. Algumas espécies, como a *Nocardia asteroides*, eventualmente causam uma infecção pulmonar de difícil tratamento;
- ✓ ***Mycobacterium***: esta bactéria é responsável pela doença tuberculose pulmonar é uma doença infecciosa de grande importância na saúde pública. Estima-se que um terço da população do mundo seja infectada anualmente por *Mycobacterium tuberculosis*. Os aerossóis contendo este organismo apresentam-se na 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 (Tb) pode ser transmitida de pessoa para pessoa pela inalação de gotículas que contém ao menos duas células do bacilo. Os ambientes que possuem risco superior de tuberculose são aqueles que possuem pessoas sintomáticas da doença e incluem hospitais, unidades de

penitenciárias, abrigos para pessoas desabrigadas, centros de reabilitação, e asilos;

- ✓ **Chlamydia:** estas bactérias são parasitas obrigatórias. Há três espécies conhecidas entre as clamídias: *Chlamydia psittaci*, que causa a psitacose através do contato por via respiratória com dejetos de aves; *Chlamydia trachomatis*, que causa o tracoma, conjuntivite de inclusão e outras doenças nos seres humanos; e *Chlamydia pneumoniae*, causador de uma variedade de síndromes respiratórias, como bronquite, pneumonia e sinusite;

2.3.2. Vírus

As infecções virais respiratórias são as doenças mais comuns que afetam o homem e elevam o índice de morbidade, declínio na produtividade e qualidade de vida. A gripe, resfriado, faringite, sinusite, bronquite e otite estão entre as principais infecções virais que depende da gravidade podem levarão óbito, principalmente crianças, idosos e imunodeprimidos. 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; NUNES, 2005).

De acordo com WHO (2011), os principais vírus patogênicos transmitidos por meio do trato respiratório são descritos a seguir:

- ✓ **Rhinovirus:** 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. Em algumas crianças, é causador de bronquiolite, sendo responsável por um elevado número de internações hospitalares;
- ✓ **Influenza:** é o vírus que causa a gripe. O vírus 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, sendo a estirpe A ca'

versão mais grave de gripe A que vitimou muitas pessoas na pandemia de 2009;

- ✓ **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 idosas e imunocomprometidos;
- ✓ **Adenoviridae:** Os vírus da família *Adenoviridae* também são causadores de infecções nas vias aéreas superiores, como otite, faringite, amigdalite. Podem afetar, também, outros órgãos, causando conjuntivite, gastroenterite, infecção urinária e irritações na pele.

2.3.3.Fungos

Os fungos são os indicadores biológicos da qualidade do ar escolhidos pela resolução ANVISA. Esta norma especifica o valor máximo recomendado em 750 UFC/m³ 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 (LIMA DE PAULA, 2003).

Quase todos os fungos filamentosos são aeróbicos, enquanto a maioria das leveduras é anaeróbica facultativa. 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. Sendo assim, os fungos estão entre os poluentes do ar interno mais importante e, os menos compreendidos, sendo praticamente onipresentes nos ambientes urbanos (QUADROS et al, 2008).

Segundo Nunes (2005), nos últimos anos as infecções fúngicas de origem hospitalar, passaram a ser de grande importância, pelo aumento progressivo e elevadas taxas de morbidade e mortalidade. Os pesquisadores Falvey e Streif

monitoraram os fungos do gênero *Aspergillus* em um hospital universitário durante dez anos, e afirmaram ser impossível, sem a aplicação de medidas pouco práticas, manter um ambiente interno completamente desprovido de *Aspergillus spp.*

Qualquer infecção de origem fúngica é chamada de micose e é, geralmente, de longa duração (crônica). Esta pode ser: superficial, cutânea, subcutânea ou sistêmica. 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; CASE, 2005).

A seguir, e de acordo com Quadros et al (2008), alguns exemplos de fungos patógenos oportunistas são descritos a seguir:

- ✓ ***Pneumocystis spp.***: é o gênero responsável pelas infecções mais freqüente em pacientes acometidos pela Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (AIDS);
- ✓ ***Stachybotrys chartarum*** pode causar hemorragia pulmonar fatal em lactentes, espécies dos gêneros *Rhizopus* e *Mucor*, que geralmente afetam pacientes com diabetes mellitus, leucemia, ou sob tratamento com drogas imunossupressoras, podem causar zigomicose ou mucormicose, respectivamente;
- ✓ ***Candida albicans***: é o fungo mais freqüentemente isolado de amostras clínicas de seres humanos. 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 ou imunocomprometidos, danos teciduais sistêmicos crônicos;
- ✓ ***Aspergillus spp.***: é um fungo filamentoso que causa a Aspergilose que é uma infecção pulmonar e/ou sistêmica, que ocorre em indivíduos que estão debilitados devido a doenças nos pulmonares, imunodeprimidos e/ ou em tratamento para o câncer;

- ✓ ***Aspergillus fumigatus***: é o fungo mais encontrado em ambientes internos climatizados. Estes microrganismos crescem no ser humano em formas multicelulares filamentosas, as hifas septadas, formando um micélio. A manifestação mais freqüente é a aspergilose pulmonar. As infecções causadas por este fungo se não tratadas podem ocasionar à perda da função dos órgãos atingidos. Em pacientes doentes com AIDS, o fungo dissemina-se rápido pelos órgãos. A aspergilose cerebral, cardíaca ou da medula óssea resultam quase sempre em morte;
- ✓ ***Coccidioides immitis***: é um fungo dimórfico que se apresenta morfológicamente como levedura nos tecidos humanos e causa uma doença pulmonar chamada de coccidioidomicose ou *reumatismo do deserto*;
- ✓ ***Histoplasma capsulatum***: também é um fungo dimórfico que causa a doença histoplasmose;
- ✓ ***Pneumocystis jiroveci***: é uma levedura presente nos pulmões de pessoas saudáveis que pode causar pneumonia em indivíduos imunocomprometidos ou crianças mal-nutridas chamada de pneumocistose ou pneumonia por *Pneumocystis*.

2.3.4. Bioaerossóis Alergênicos

A alergia é uma resposta do sistema imunológico a presença de “intrusos” no organismo, ou seja, uma reação de 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 sinônimo de alergia. 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 (FREITAS; BREMNER; GOUVEIA; 2004; TORTORA, FUNKE; CASE, 2005).

Segundo Dantas (2002), a asma que é uma reação alérgica que afeta principalmente o sistema respiratório inferior, 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.

2.4. Odores

De acordo com Quadros et al (2008), 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. Outro fator importante é que o nariz humano detecta os odores unicamente em uma mistura de compostos, ou seja, como um buquê odorante, já os métodos instrumentais, como a cromatografia gasosa ou líquida, quantifica os compostos separadamente (MOSCATO, 2000).

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. 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. Entretanto, técnicas olfatométricas complementares permitem determinar a magnitude o impacto odorante em termos de intensidade, caráter e agradabilidade. Estas técnicas poderiam vir a ser utilizadas para avaliação de odores em ambientes internos (BELLI; LISBOA, 1998).

2.5. Fumaça cirúrgica

Muito comumente na atmosfera durante um procedimento cirúrgico é a fumaça cirúrgica proveniente do eletrocautério, ou bisturi elétrico. Este instrumento é utilizado nos procedimentos cirúrgicos para cortar, coagular, vaporizar e remover tecidos. Quando entra em contato com as células, estas são aquecidas até sua temperatura de ebulição/ combustão, o que leva ao rompimento das células, onde um conjunto de vapores, gases, e partículas celulares são lançados no ar ambiente, denominando-se, assim a fumaça cirúrgica. Frequentemente esta fumaça cirúrgica é inalada pelos trabalhadores e paciente ali presentes. O bisturi elétrico é capaz de produzir partículas pequenas quanto $0,07\mu\text{m}$. Estas são capazes de se deslocarem distâncias de até 100 centímetros, ao serem aspiradas pelos indivíduos danificam os pulmões, pois podem penetrar profundamente na árvore respiratória, provocando congestão alveolar, pneumonia intersticial e bronquiolite (SOBECC, 2007).

2.6. Os sistemas de condicionamento de ar e qualidade do ar interno (QAI)

2.6.1.A Legislação

Segundo a portaria número 3523 de 28 de agosto de 1998 do Ministério da Saúde, 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. Microrganismos podem se alojar e desenvolver nos dutos d'

de ar condicionado, e em locais como: reservatórios com água estagnada, torres de resfriamento, bandejas de condensado, umidificadores, serpentinas. Como os sistemas funcionam em pressão positiva, esses microrganismos podem ser insuflados no ambiente interno (BRASIL, 1998; LIMA DE PAULA, 2003).

No Brasil, a resolução RE nº 9, da ANVISA 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, 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 (BRASIL, 2003; QUADROS et al, 2008).

Segundo Nunes (2005), a ANVISA promoveu a redação da consulta pública nº 109, em 11 de dezembro de 2003 sobre esse a temática da qualidade do ar, sendo especificamente, em ambientes de saúde. O documento gerado classifica os ambientes hospitalares em quatro níveis de riscos, bem como estabelece que os padrões de referência para a contaminação microbiológica são diferenciados para os ambientes enquadrados nesses níveis.

2.6.2.Os sistemas de climatização de ambientes internos

De acordo com Nunes (2005), a poluição ambiental pelo tráfego e congestionamento de veículos, pelos processos de construção e urbanização desenfreados, os desmatamentos e queimadas, as atividades industriais são efeitos diretamente relacionados com a poluição de ambientes internos e que acarreta preocupações com a condição de saúde ambiental e humana, principalmente nas sociedades em desenvolvimento. Conforme Quadros et al (2008), em geral, três tipos de sistemas de ar condicionado podem ser encontrados em relação ao tipo de tratamento dado ao ar:

- Ar condicionado comum: não possui filtros de alta eficiência ou controle de trocas de ar;
- Sistema Central: com filtros HEPA⁴, 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;
- Fluxo laminar: ou tido como ultra-limpo que utiliza filtro HEPA e mantém um ambiente com contagem de bactérias geralmente menor do que 10 UFC/m³;

De acordo com Dantas (2002), em relação aos tipos de sistema de climatização mais comumente usados são:

- **Unidades de janela:** São as unidades de pequeno porte, baixo custo e baixa capacidade de refrigeração (até 2,5 TR⁵). 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;
- **Sistema tipo *Fan-coil*:** Este sistema é do tipo central e inclui uma unidade de refrigeração, um ventilador e uma tubulação para inserção e retirada do ar do ambiente climatizado (Figura 1). O resfriamento é feito através de serpentinas por onde circula água fria. Nesse sistema, é possível controlar a temperatura, umidade do ar, taxa de renovação e filtragem do ar.

⁴ Filtro HEPA (do inglês *High Efficiency Particulate Arresting* é referente a um filtro absoluto do tipo A₃ no Brasil.

⁵ Medida de potência de refrigeração, onde 1 TR é a quantidade de calor necessária para *r* uma tonelada de gelo em 24 horas.

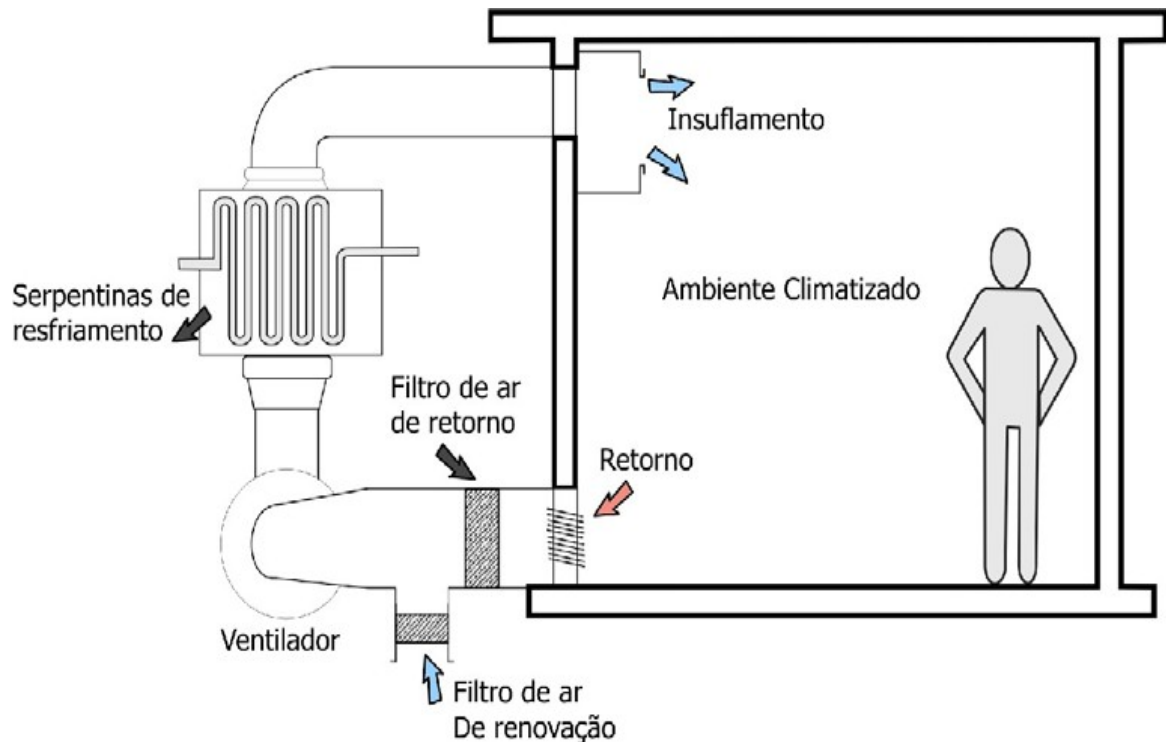


Figura 1: Esquema representativo do sistema de refrigeração do tipo Fan-coil (QUADROS ET AL, 2008).

2.6.3. Os sistemas de climatização - ambiente hospitalar

Quadros et al (2008) ressalta que ambientes hospitalares requerem ventilação adequada para controlar as emissões que possam gerar malefícios à saúde de pacientes, funcionários e visitantes, sendo que a qualidade do ar nesses ambientes é mais crítica do que em outros locais fechados, devido à debilidade e pouca imunidade apresentada pelos pacientes. Em relação a saúde ocupacional, Gioda e Neto (2003), em sua pesquisa sobre a poluição atmosférica de interiores e a sua influência mútua na saúde discorre que, a exposição crônica dos funcionários de hospitais a ambientes poluídos por agentes químicos e microbiológicos têm como consequência o surgimento de diagnósticos dos sintomas de Síndrome do Edifício Doente, nestes trabalhadores.

Afonso et al (2004) fizeram uma revisão bibliográfica a fim de identificar estudos sobre a qualidade do ar em ambientes hospitalares climatizados e sua eleição como fator de risco para infecção hospitalar. Os principais enfoques foram padrões e normas para manutenção da qualidade do ar em ambientes hospitalares fechados; qualidade do ar e isolamento de microrganismos potencialmente causadores de infecção; qualidade do ar e ocorrência de infecção. Surtos de infecção hospitalar podem estar associados à contaminação de filtros de ar condicionado por contaminantes biológicos ou bioaerossóis, como fungos, bactérias, ácaros, amebas e algas que utilizam a matéria particulada (pólen, fragmentos de insetos, escamas de pele humana e pêlos) como substrato, onde dobram a sua população a cada segundo. Pessoas, ventiladores, aparelhos de ar condicionado, nebulizadores e umidificadores, pisos, vasos de plantas e certos alimentos são as fontes internas geradoras de partículas que são capazes de carrear microrganismos causadores de infecção hospitalar. Como as fontes externas poluidoras podem-se citar: o solo, a água, o material orgânico em decomposição e a poeira de construções e reformas.

2.7. Condições de conforto: temperatura, luminosidade e renovação do ar

De acordo com Carmo e Prado (1999), as condições de conforto estão ligadas a boa qualidade de ar interno, ou seja, dependem do controle de poluição interna e externa e de uma boa ventilação, porém, nem sempre é possível ou praticável controlar todas as fontes de emissão. Em relação ao conforto térmico de ambientes internos, este depende de fatores ambientais e fatores físicos que são: a temperatura, a umidade, a velocidade, a taxa de renovação do ar e o grau de pureza do ar. De acordo com a resolução nº 9 da ANVISA, em relação à temperatura recomendável, no verão, em ambiente interno de uso comum são de 23 a 26 °C, sendo que, a faixa máxima deverá estar entre 26,5 e 27°C, porém nas áreas de acesso podem contemplar temperaturas de até 28°C. Já, no inverno, a faixa recomendável de temperatura é de 20 a 22°C. Esta mesma resolução estabelece que a umidade relativa do ar, nas condições internas durante o verão, deve manter-se na faixa de 40 a 65%, com exceção das áreas de acesso, que podr

com umidade de até 70%. Para condições internas durante o inverno, a faixa recomendável de operação é de 35% a 65% (BRASIL, 2003).

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 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 por pessoa para ambientes climatizados. O Centro de Controle de Doenças e a Associação Americana de Hospitais, dos Estados Unidos, recomendam, para salas cirúrgicas (SC), vinte cinco (25) trocas de ar/hora, com cinco (5) trocas de ar externo ou quinze (15) trocas de ar/hora com 100% de ar externo. A entrada de ar deve estar localizada o mais alto e 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).

2.8. Particularidades de Centro Cirúrgico e infecção hospitalar

Desde os primórdios da humanidade, o homem realiza procedimentos invasivos e/ou cirúrgicos buscando a solução de seus problemas de saúde. Por conceito, centro cirúrgico é a unidade hospitalar classificada como uma área crítica uma vez que neste local existe o risco aumentado de transmissão de infecção, considerando a execução de procedimentos invasivos e com alta complexidade. Assim sendo, deve ser considerado como uma área restrita que necessita seguir rigorosamente as normas técnicas, legislações específicas fundamentadas por instituições nacionais e internacionais, como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (ANVISA), o *Committee on Operating Room Environment of the American College of Surgeons*, dentre outras (LIMA DE PAULA, 2003).

Nos hospitais modernos, o centro cirúrgico representa uma das áreas que demanda maior atenção e planejamento. O seu dimensionamento é variável, e alguns aspectos devem ser considerados, tais como: número de leitos, especialidades médicas, número de cirurgias diárias, horário de funcionamento, número de equipes cirúrgicas, complexidade das cirurgias e tipo de hospital. Sendo assim, em termos de planta física e estrutura deve comportar várias salas, equipamentos e materiais necessários para o sucesso do ato cirúrgico. E, com relação a recursos humanos deve contar com uma equipe cirúrgica e pessoal de apoio responsável pelos serviços auxiliares. Quanto à localização, o centro cirúrgico deverá situar-se próximo às unidades que recebam casos cirúrgicos; localizar-se de preferência em andares elevados, ao abrigo da poluição aérea, sonora e fora do tráfego hospitalar (LACERDA et al., 2003).

De acordo com a Sobecc (2007), no centro cirúrgico, três zonas e ou áreas distintas, são elas:

- **Zona de proteção/ Área irrestrita:** faz o elo entre o sistema hospitalar e a zona limpa sendo representada pelos vestiários masculinos e femininos, secretaria, recepção de pacientes, recepção geral e entrada. Os vestiários deverão possuir armários individuais com chaves, sanitários completos, incluindo local para banho. Neles estarão dispostos uniformes próprios do centro cirúrgico, que deverão ser utilizados por qualquer pessoa que adentrar ao centro cirúrgico;
- **Zona limpa/ Área semi-restrita:** é composta pelos grupamentos do centro cirúrgico, tais como, sala de materiais e equipamentos, sala de admissão do paciente e sala de recuperação pós-anestésica. A sala de recepção receberá e manterá os pacientes até o horário da cirurgia; neste ambiente deverão ser mantidos os cuidados pré-operatórios, podendo incluir a administração de pré-anestésico. Os serviços auxiliares do centro cirúrgico incluem: a sala de pré-anestesia, o laboratório, o banco de sangue, a recuperação pós-operatória e;

- **Zona estéril/Área restrita:** compreende as salas cirúrgicas. As salas de cirurgias onde, efetivamente, se consuma o ato cirúrgico devem dispor de: uma mesa de operação com comandos de posições na cabeceira, ou mesa própria para a especialidade a que se destinam, mesas auxiliares para o instrumental, mesa para o anestesista e seus medicamentos, aparelhos de anestesia e respiradores, foco de luz, mesa para a enfermeira, prateleiras para a guarda de fios, campos, instrumentais; e equipamentos de climatização do ar.

Ainda de acordo com a Sobecc (2007), a disseminação de infecção pode ser atribuída também aos corredores do centro cirúrgico, as pias e saboneteiras. Em relação aos lavabos, utilizado para a escovação cirúrgica, estes devem dispor de torneiras de braços longos, fechadas por movimentos do cotovelo, ou sistemas de abertura e fechamento pelos pés, e mais modernamente por meio de células fotoelétricas. Lacerda (2000) lembra que embora, haja variabilidade entre os hospitais em termos de estrutura física do centro cirúrgico, contudo, a maioria comporta: vestiários, sala de recepção de pacientes, corredores, lavabos, sala de cirurgia, sala auxiliar, depósito de material, sala de equipamentos, sala de recuperação pós-anestésica, sala de conforto, serviços auxiliares e administração.

No início da era bacteriológica, muitos investimentos foram efetuados na busca insana pela assepsia, entre os quais, destacam-se os de Joseph Lister em 1865 que preocupado com a possibilidade de infecção nas suas cirurgias utilizava um dispositivo para pulverizar ácido fênico no ar das salas cirúrgicas por acreditar que as infecções eram devidas a microrganismos em suspensão no ar e que se depositava nas superfícies. Esta medida trazia conseqüências ao paciente e a equipe de saúde considerando que a solução pulverizada era tóxica e causava irritações. Por muitos anos a técnica de limpeza após as cirurgias contaminadas caracterizava-se por um ritual complexo. Estudos recentes afirmam que no geral a limpeza da sala contaminada constitui um mito, com rotinas complexas e procedimentos ultrapassados, ineficientes ou sem fundamentação científica (RODRIGUES et al., 1997; LACERDA et al., 2003).

As fontes geradoras de partículas capazes de conduzir microrganismos que causam infecção hospitalar classificam-se em internas e externas. Como fatores internos estão: as pessoas, os ventiladores, os aparelhos de ar condicionado, os nebulizadores e umidificadores, os pisos e vasos de plantas e certos tipos de alimentos. Já na segunda, são: o solo, a água, o material orgânico em decomposição, a poeira de construções e reformas (MOSCATO, 2000). Embora esforços sejam feitos para impedir o crescimento de microrganismos em hospitais, esse tipo de ambiente é um importante reservatório para uma variedade de patógenos. 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; CASE, 2005; AFONSO, 2010).

O controle de infecção em sítio cirúrgico tem sido uma preocupação constante desde os primórdios das cirurgias e permeia toda a evolução do cuidado de enfermagem perioperatória, evidenciando que, aproximadamente 1 a 5% das feridas limpas desenvolverão infecção no sítio cirúrgico, feridas potencialmente contaminadas de 3 a 11%, ferida contaminada de 10 a 17% e ferida suja ou infectada mais de 17% (DANTAS, 2002).

A condição clínica do paciente representa um importante fator para o risco de contrair infecção. Frente ao exposto se conclui que é de extrema importância a avaliação pré-operatória dessa condição. Em uma primeira análise é possível considerar que a situação clínica do paciente cirúrgico é um indicador relevante que permite sistematizar precocemente intervenções específicas com vistas a minimizar o risco de infecção pós-cirúrgica (RABHAE, 2000).

Em geral, a ocorrência de infecção sítio cirúrgico (ISC) está atrelada a fatores complexos de difícil apontamento, principalmente, nos casos em que a condição clínica do paciente está plenamente satisfatória para a realização da cirurgia proposta. Alguns autores mencionam a preparação do paciente, da equipe, da sala, do instrumental e do equipamento cirúrgico como importantes fatores de risco de infecções. Essa preparação deve ser sistematicamente planejada, ex

critériosamente inspecionada com vistas a manter a qualidade do cuidado, detectar e sanar as falhas (SOBECC, 2007). Assim, esboçar medidas de prevenção e controle da infecção adquirida no pós-operatório envolve a análise e o planejamento sistemático de todas as ações diretas ou indiretas ao ato cirúrgico (SOBECC, 2007). Neste sentido, vale realizar breves considerações acerca da difícil tarefa ou do desafio quando se almeja manter o ambiente cirúrgico biologicamente seguro.

As salas cirúrgicas são um ambiente com necessidades específicas, precisando, de um condicionamento de ar seguro e eficaz, sendo necessário controlar ou limitar a quantidade de partículas suspensas no ar, sejam de origem microbiana ou não, já que as mesmas podem dar origem a reações inflamatórias levando a maiores problemas aos pacientes cirúrgicos bem como causando males aos próprios trabalhadores devido ao ambiente insalubre. Para minimizar o risco de infecção hospitalar provenientes do centro cirúrgico é recomendável que os contaminantes do ar sejam mensurados por meio de pesquisas para que medidas preventivas sejam tomadas a fim de melhorar a qualidade do ar (LACERDA et al, 2000).

3. METODOLOGIA

3.1. Local de Pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida no centro cirúrgico de um hospital geral, localizado no Vale do Rio Pardo no Estado do Rio Grande do Sul. Esta instituição é filantrópica, sendo aproximadamente 70% dos atendimentos realizados pelo Sistema Único de Saúde (SUS). O hospital é referência regional para procedimentos de alta complexidade como traumatologia e, no corrente ano, foi pioneiro na região com o início da cirurgia cardíaca. O centro cirúrgico engloba os seguintes setores: salas cirúrgicas, sala de recuperação pós-anestésica (SRPA) e centro de materiais esterilizados (CME). O centro cirúrgico deste hospital realiza em média cerca de seis mil intervenções cirúrgicas anuais (DATASUS, 2010).

As salas estão posicionadas da seguinte forma: salas cirúrgicas 1(S1), 5 (S5) e 6 (S6), uma ao lado da outra e em direção oposta estão as salas cirúrgicas 4 e 2, sendo que está última encontra-se em frente a sala cirúrgica 1. A farmácia se encontra entre as salas cirúrgicas 3 (S3), e 5 (S5) e as salas de recuperação pós anestésica (SRPA), estão isoladas destas. De todas as seis salas cirúrgicas a única que apresenta condicionador de ar tipo *split* é a seis (S6), nas demais (S1 a S5), o ar condicionado é do modelo antigo. Ou seja, o Centro Cirúrgico não possui sistema de ventilação central como é preconizado na legislação. Em relação à limpeza e manutenção, todos os aparelhos são limpos e revisados por uma empresa terceirizada. A higienização é realizada quinzenalmente, nesta são retirados a proteção do aparelho, passado aspirador de pó portátil no filtro e por último o aparelho é limpo com pano seco. Algumas vezes é necessário utilização de uma escova para remoção da sujidade. A manutenção preventiva é realizada anualmente.

3.2. Monitoramento de parâmetros de conforto

Para a coleta dos dados referente a parâmetros de conforto: temperatura da sala, a umidade relativa do ar e a luminosidade foram utilizadas um Termo-Anemômetro Luxímetro digital portátil da marca Instrutherm. Para a medição da concentração de CO₂ foi utilizado um mensurador portátil de leitura, também da marca Instrutherm, este instrumento obedece às recomendações técnicas para faixa de leitura e exatidão estabelecidas pela resolução RE nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003).

As medidas foram realizadas durante cinco dias da semana onde o fluxo deste setor hospitalar é intenso. Foi possível coletar dados de cinco das seis salas, pois uma estava em reforma e interditada. A coleta contemplou os três turnos de trabalho (manhã, tarde e noite), iniciou às sete horas da manhã e se estendeu ao término do dia e contemplou todos os períodos cirúrgicos: momentos que antecedem a cirurgia (sala limpa), durante o procedimento (andamento) e após o término (sala suja). Os aparelhos foram posicionados no ponto central das salas, (acima das macas cirúrgicas), entretanto para a medição da luminosidade o luxímetro foi deslocado de maneira que estivesse fora do campo operatório para evitar interferência do foco cirúrgico. Para a coleta de todos os dados os aparelhos foram deixados por 20 minutos no local, após foram recolhidos e os dados tabelados e analisados.

3.3. Análise microbiológica

Para análise microbiológica foi realizado coleta do material dos filtros dos ar condicionados em dois momentos e realizado 2 testes. Ressalta-se que as coletas foram realizadas enquanto as salas estavam limpas e sem procedimento em andamento, sendo que a limpeza de todos os condicionadores de ar do centro cirúrgico é feita por uma empresa de engenharia especializada par este serviço.

Primeiro, através do auxílio de *swab* estéril coletou-se amostras do pó do filtro dos condicionadores de ar (material particulado), visando avaliar a presença de fungos em material particulado presente em filtros de condicionadores de ar. Todas as amostras foram armazenadas diretamente em placas de Petri estéreis. Após a coleta as amostras foram preparadas para análise no Laboratório de Microbiologia da Universidade de Santa Cruz do Sul.

Para a segunda análise microbiológica, visando à identificação de bactérias lácticas, estafilococos, bolores e leveduras, a coleta das amostras dos bioaerossóis presente nos filtros de condicionadores de ar, foi também utilizada a técnica de *swab* estéril, porém as amostras foram armazenadas diretamente em tubos de ensaio contendo solução própria e, previamente preparada pela Central Analítica da universidade, para onde as amostras foram enviadas para análise microbiológica. Para essa análise dos microrganismos foram selecionadas as três salas cirúrgicas onde o volume cirúrgico é elevado e, também, devido ao fato que nestas salas ocorrem os procedimentos de alta complexidade como as cirurgias neurológicas e cardíacas.

3.4. Análise compostos voláteis

Para a análise do material sólido coletados no ar condicionado foram realizados dois testes. O primeiro correspondeu à análise do material extraído por solvente e o segundo a análise dos componentes voláteis que pudessem estar adsorvidos no material.

Para a realização do primeiro teste as amostras sólidas foram coletadas através da raspagem dos filtros do ar condicionados das salas cirúrgicas, os fragmentos foram armazenados em placas de Petri. Foi transferido 1 grama de amostra sólida para tubos de ensaio e adicionado solvente hexano em quantidade suficiente, para que tivéssemos a proporção de 500 mg/mL^{-1} . Após a permanência das amostras no solvente, foi realizado remoção deste, através da técnica de filtração em seringa com filtro de $45 \mu\text{m}$, posteriormente foi realizado a análise cromatográfica.

Para a segunda análise dos compostos voláteis que pudessem estar dissolvidos nas amostras sólidas dos ar condicionados, foi realizado uma segunda coleta. Nesta, o material sólido dos filtros dos ar condicionados foram coletadas diretamente em *Vials de HeadSpace*® .

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados está dividida em quatro partes. Inicialmente, é apresentado um estudo exploratório com as possibilidades de contaminação atmosférica do centro cirúrgico, seguido do delineamento referente aos aspectos de confortabilidade, após são expressos e discutidos os dados referentes à análise microbiológica e, por último o resultado da análise dos compostos voláteis.

PARTE I - Estudo exploratório de possibilidades de contaminação do ar

O ambiente cirúrgico é especial e para realizarmos os estudos de avaliação da qualidade do ar foram levantadas as possibilidades de contaminação atmosférica presentes no ambiente, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Poluentes e possibilidades de contaminação do CC

POLUENTES	ALTO	MÉDIO	BAIXO	NULO	JUSTIFICATIVA
Monóxido de carbono (CO)			X		Apenas trocas com o ambiente externo e não há fontes de combustão próximas.
Dióxido de carbono (CO ₂)	X				Sistema de ar condicionado antigo. Procedimentos de videocirurgia, onde há utilização do gás.
Compostos orgânicos voláteis (COV _s)		X			Pode ser liberado no ambiente proveniente da transferência do meio externo.
Material particulado (MP)			X		O ambiente do centro cirúrgico é fechado e limpo. Há normas e rotinas específicas para o processo de desinfecção.
Fumaça cirúrgica (FC)		X			O eletrocautério ⁶ produz a FC que é inalada, frequentemente, pelos profissionais do CC, os quais também percebem seu odor característico.
Biológicos		X			O CC é tido como ambiente limpo, entretanto, no local onde foi feito este estudo o sistema de ventilação é inadequado.
Odores		X			Mistura de FC com os demais odores das soluções para assepsia local e fluidos corpóreos.

PARTE II - Aspectos confortabilidade

⁶ Instrumento cirúrgico usado para cortar, coagular, vaporizar e remover tecidos, quando entra em contato com as células, produz um conjunto constituído por vapores, gases, e partículas celulares no ambiente fumaça cirúrgica (SOBECC, 2007).

Os aspectos de confortabilidade resultantes das aferições realizadas nas cinco salas cirúrgicas estão contemplados na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados referentes à confortabilidade das SC

Horário	Sala	Nº Ocupantes	Umidade Relativa do Ar (%)	CO ₂ (ppm)	Temperatura (°C)	Luminosidade (Lux)	Cirurgia
07:00	1	0	51,1	584	19,3	1001	–
	2	5	51,7	466	25,1	1408	Colostomia
	3	0	54,2	363	18,9	1008	–
	4	0	55,1	287	19,1	1009	–
	5	9	50,8	699	28,1	1498	Aneurisma Aórtico
09:00	1	7	50,2	720	26,6	1299	Ponte Safena
	2	10	44,6	770	25,7	1013	Artrodese Lombar
	3	12	54,1	670	24,7	1498	Aneurisma Cerebral
	4	0	55,0	365	19,2	1001	–
	5	10	51,9	770	27,7	1252	Aneurisma Aórtico
12:00	1	8	49,3	979	27,1	1290	Videocirurgia
	2	13	43,1	938	27,2	1056	Artrodese Lombar
	3	6	53,5	684	25,7	1454	Cesárea
	4	7	54,9	438	24,1	1276	Apendicectomia
	5	2	49,4	433	27,1	1500	–
15:00	1	11	48,8	983	28,5	1497	Angiografia Cerebral
	2	2	45,3	876	26,9	1176	–
	3	10	53,4	976	25,8	1500	Videocirurgia
	4	6	54,6	437	25,9	1399	Apendicectomia
	5	4	49,3	376	26,8	1376	Nevos
17:00	1	14	47,9	999	26,6	1045	Videocirurgia
	2	0	48,8	665	22,3	1377	–
	3	9	53,1	685	26,3	1478	Abdominoplastia
	4	3	54,3	465	25,7	1280	–
	5	6	48,9	462	27,3	1290	Histerectomia
20:00	1	8	48,5	893	23,8	1004	Prótese Joelho
	2	0	49,2	432	20,1	1099	–
	3	9	53,2	632	25,9	1467	Abdominoplastia
	4	6	54,2	472	25,8	1199	Hérniorrafia
	5	6	49,8	449	26,1	1079	Histerectomia
00:00	1	0	53,1	404	18,9	1001	–
	2	13	51,2	489	25,4	1199	Amputação femural
	3	0	54,1	389	20,4	1056	–
	4	0	53,1	387	23,9	1308	–
	5	0	52	269	18,4	1002	–

Observando os dados coletados referentes à temperatura ambiental, as salas 01, 02 e 05, apresentam não-conformidade em relação à legislação vigente*

ção nº 9 da ANVISA), que preconiza uma temperatura na faixa de 20 - 27 °C. A variação foi menos de 1°C nestas salas e este aumento de temperatura pode ser atribuído a duas variáveis como número de ocupantes do espaço no momento da coleta de dados e o horário de ligamento dos condicionadores de ar. É perceptível que houve um aumento da temperatura em todos os lugares nos horários de maior pico, ou seja, quando havia mais pessoas no mesmo ambiente fechado. Valores menores de temperatura foram encontrados no início da manhã (07h00min), onde não havia procedimento cirúrgico em andamento a exceção mostrou-se na sala 05 onde o valor de temperatura na manhã (28,1 °C) foi maior que as 00:00 hrs (18,4 °C), entretanto, este valor de temperatura ocorreu devido ao fato que, no momento da mensuração, estava ocorrendo um transoperatório de cirurgia vascular e o condicionador de ar estava na potência máxima para aquecimento.

O objetivo da utilização de calefação é promover uma refrigeração ou aquecimento de um local fechado afim promover um ambiente ideal, gerando conforto, produtividade, saúde e bem-estar. O ser humano é um homeotérmico, com uma temperatura do corpo entre 36 e 37°C. Vale lembrar que para o corpo humano a temperatura mínima ambiental suportável é na ordem de 18°C, abaixo deste valor o organismo começa a ter uma perda ponderal de seu próprio calor. Assim como temperaturas excessivas também são prejudiciais ao desempenho das atividades humanas (GRANDJEAN, 1998; BRASIL, 2002).

O conforto térmico é condição essencial para a saúde e segurança do trabalhador, sendo que há uma correlação entre a produtividade de um indivíduo com a temperatura de seu ambiente laboral. Por isso quando se almeja buscar adequadas condições ambientais de trabalho a temperatura merece maior ênfase, uma vez que estudos informam que a produtividade humana começa a decrescer abaixo dos 22°C e acima dos 26°C (FROTA; SCHIFFER, 1998; MARTINHO, 2011; LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

Quanto à umidade do ar nas salas cirúrgicas, os parâmetros recomendados pela Norma Brasileira Registrada - NBR 7256, do Centro Cirúrgico, quanto à umidade relativa do ar ideal variam entre 45 - 60% uma vez que a diminuição de

relativa do ar desencadeia perda de água corporal, fato esse observado pelo ressecamento de pele e mucosas, do trato respiratório e bem como uma série de outros sinais e sintomas em pacientes e trabalhadores do centro cirúrgico. O controle efetivo das taxas de umidade relativa do ar das salas cirúrgicas é, também, importante uma vez que sua variação afeta a multiplicação de microrganismos. Assim, manter a umidade relativa do ar sob controle ajuda a controlar a propagação e disseminação de bioaerossóis patogênicos que podem ocasionar infecção hospitalar (SOBECC, 2007; AFONSO et al, 2004).

Quanto à iluminação do centro cirúrgico os níveis devem contemplar a Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT - NBR 5413/1982), que dispõe sobre Iluminância de Interiores e refere que os valores devem estar na ordem de 1000 a 1500 Lux no geral, fora do campo do foco cirúrgico. Além disso, as salas contam com o foco cirúrgico móvel multidirecional, e que, geralmente, encontra-se fixado no teto na região central das salas, este pode ser composto por uma ou mais lâmpadas de alta potência (OKUMOTO, 2006). Verificou-se que em relação à iluminação o Centro Cirúrgico obedece à legislação, pois os valores encontrados nas salas não ultrapassaram 1500 Lux para iluminação geral, sendo que o nível de iluminação geral das salas cirúrgicas variou de 1001 a 1497 Lux.

Santana (1996) e Okumoto (2006), referem que devido à emissão de calor incandescente pelo foco cirúrgico é importante a utilização de um protetor de vidro que tenha a propriedade de bloquear a emissão de raios infra-vermelhos das lâmpadas, essa medida é importante para proteger a equipe médica-cirúrgica e o paciente de possíveis queimaduras que podem ocorrer pela exposição prolongada. Todavia, apesar de haver uma preocupação com as ondas de calor emitidas pela iluminação, deve ser evitada a utilização de luz fria, pois impede que seja percebido precocemente desenvolvimento de cianose no paciente. Neste estudo todos os focos das salas em questão têm esse “filtro protetor”.

Percebeu-se diferenças significativas entre os valores medidos de concentração de CO₂ nas salas, verifica-se que há uma elevação na concentração de CO₂ à medida que o grau de ocupação do ambiente cresce, entretanto em ner'

mento o valor aferido ultrapassou o limite de 1000 ppm como é recomendado pela ANVISA. Foi observada uma variação importante de valores na concentração de CO₂ de algumas salas de operação em relação a outras, porém o valor mais baixo encontrado foi de 269 ppm as 24 horas na Sala 5 (S5) e o mais alto de 999 ppm na Sala 1 as 17 horas (Figura 2). O fato de ocorrer uma elevação do nível de concentração de dióxido de carbono na sala S5, pode ser explicado devido ao procedimento cirúrgico que estava ocorrendo no momento (videocirurgia), pois neste tipo de cirurgia é utilizado o gás (CO₂), para insuflar o abdômen do paciente durante a operação. Além disso o número de ocupantes era de 14 indivíduos.

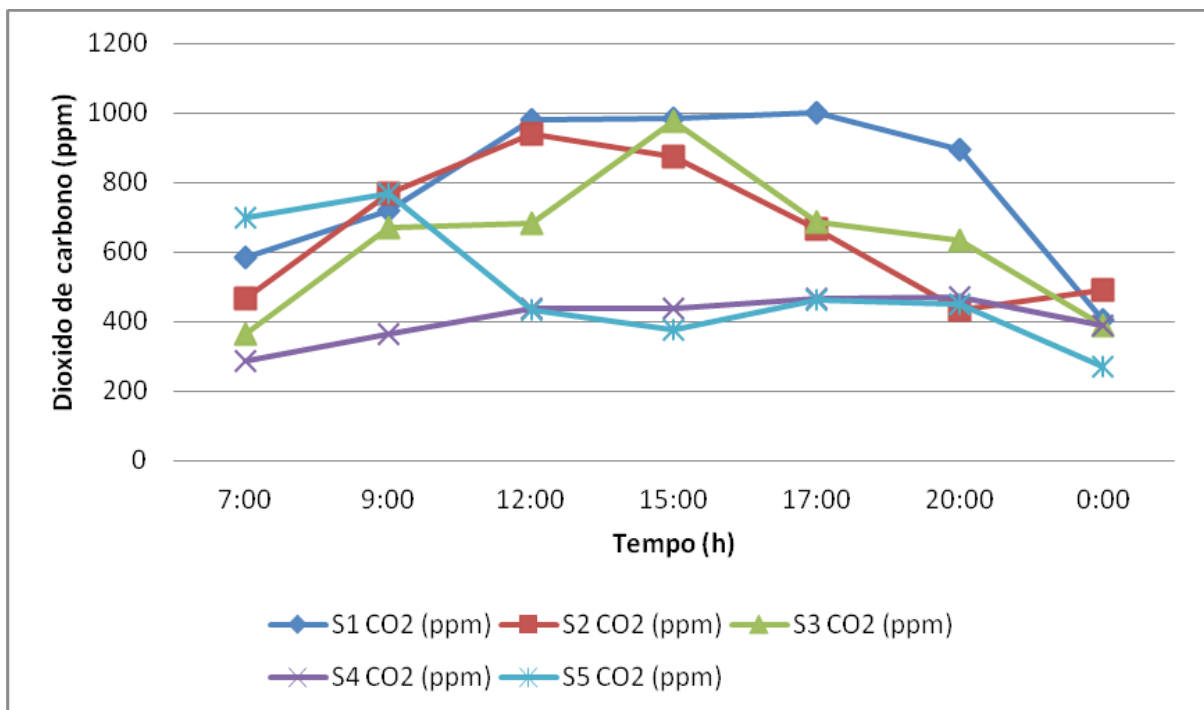


Figura 2: Concentração de CO₂ nas salas cirúrgicas do CC.

PARTE III - Análise microbiológica

O resultado da primeira coleta do material particulado para investigação do potencial de bioaerossóis fúngicos pode ser observado na Tabela 5 abaixo. A quantificação de unidades formadoras de colônias (UFC), foi realizada a partir da suspensão de 1 mg mL⁻¹, pois nas demais não houve um crescimento significativo.

Tabela 5 - UFC nas amostras de MP nos aparelhos de ar condicionado das SC.

Unidades Formadoras de Colônia (UFC)	S1	S2	S4	S5	S6
Colônia Filamentosa/Bolores (F)	94,0 ±18,8	248,8 ±88,2	1,0 ±0,0	166 ±36,3	37,3 ±37,2
Colônia Viscosa/Leveduras (V)	34,8 ±8,4	50,3 ±6,7	107,8 ±18,6	91,7 ±23,2	64,3 ±25,7
Soma das Colônias (F+V)	128,8 ±18,0	299,0 ±88,0	108,0 ±18,6	258 ±51,6	101,5 ±34,3

Obteve-se um maior número de colônias viscosas (V), nas salas cirúrgicas 4 (S4) e 6 (S6), comparado as demais salas (S1;S2 e S5), onde foi maior o número de colônias filamentosas. Não houve diferença nas contagens em relação ao tipo e/ou modelo de condicionador de ar. Lembrando que somente a Sala S6, utiliza modelo *Split* de ar condicionado. Conforme Quadros et al (2008), a contagem de esporos de fungos no ar é um importante indicador usado para medir o grau de poluição atmosférica, porque os esporos fúngicos -são ubíquos na natureza, fornecendo um bom índice de contaminação ambiental e de relevância médica.

Os fungos filamentosos e leveduras podem levar a infecções oportunistas em especial nos pacientes gravemente doentes ou imunocomprometidos (ex. AIDS). Os fungos quando dispersos no ar através dos seus esporos podem causar manifestações alérgicas do trato respiratório, processos cutâneos limitados até infecções sistêmicas generalizadas às quais são importantes causa de morbidade e mortalidade. Geralmente, nas infecções fúngicas a principal levedura envolvida é a *Candida* spp. e o fungo filamentoso o *Aspergillus* spp. Muitas vezes, o diagnóstico clínico e laboratorial das infecções fúngicas é demorado o que pode ocasionar óbito principalmente, à aqueles pacientes debilitados hemodinamicamente. Neste caso, o conhecimento dos bioaerossóis patógenos presentes no âmbito hospital e o controle dos níveis de

poluentes são imprescindíveis para manter a qualidade do ar, já que esta representa uma considerável fonte de transmissão (LIMA DE PAULA., 2003).

Os resultados da segunda análise microbiológica do material particulado dos filtros dos ar condicionados das salas cirúrgicas 1(S1), 2(S2) e 3 (S3) em relação à contagem bactérias lácticas, estafilococos, bolores e leveduras, pode ser observado na Tabela 6, abaixo:

Tabela 6 - Análise microbiológica das SC 1, 2 3 e 3

Unidades Formadoras de Colônia (UFC/cm²)	S1	S2	S3
Bactérias Lácticas	7	9	2,2 X 10 ⁻¹
Bolores e Leveduras	2,3 X 10 ⁻¹	2,3 X 10 ⁻¹	2,3 X 10 ⁻¹
Estafilococos	<1,0 X 10 ⁻¹	<1,0 X 10 ⁻¹	<1,0 X 10 ⁻¹

No Brasil, a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) estabelece como norma reguladora da qualidade do ar a Resolução nº 9 de 2003 a qual recomenda como padrão de qualidade do ar em ambientes climatizados de uso público e coletivo o valor máximo recomendável para contaminação microbiológica de < 750 UFC/m³ de fungos, Tabela 7 abaixo:

Tabela 7 - Parâmetros referenciais microbiológicos de QAI, segundo a CP nº 109

PARTÍCULAS MICROBIOLÓGICAS	Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível3
TOTAL NO AR (UFC/m³)	750	500	200 UFC	50 UFC

Sendo assim, um ambiente de nível 0 (zero), corresponde à “área onde o risco não excede aquele encontrado em ambientes de uso público e coletivo”. Em relação à área hospitalar, e mais especificamente ao Centro Cirúrgico, as áreas coletivas das salas de cirurgia se enquadrariam no nível 2 (dois). Já os demais setores hospitalar onde há permanência de pacientes imunocomprometidos como os setores oncológicos e as salas de procedimento de alta complexidade como ortopedia, neurologia, cardiologia e transplante, se enquadrariam no nível 3 (três).

Em nenhum ambiente é aceita a presença de microrganismos 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).

Uma portaria importante do Ministério da Saúde é a nº 930, de 27 de agosto de 1992 que determina que “todos os hospitais do país devem manter uma Comissão de Controle de Infecção Hospitalar, independentemente da natureza da entidade mantenedora”. Esta obrigatoriedade de manutenção do programa de controle de infecções hospitalares pelos hospitais no Brasil foi baseada nos parâmetros internacionais estabelecidos pela *American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), dos Estados Unidos que dispõe sobre os padrões de qualidade para ambientes internos climatizados como: temperatura, umidade relativa do ar, taxas de ventilação e e alguns parâmetros físico-químicos, como a concentração de formaldeído e monóxido de carbono (QUADRO, 2008).

Entretanto, os parâmetros, acima referenciados na legislação, não podem ser comparados aos resultados obtidos nas duas análises microbiológicas deste estudo, pois foi analisado o material particulado acumulado nos filtros dos aparelhos por um tempo e uma vazão que não foram mensurados e a resolução da ANVISA, acima descrita, aceita aqueles valores levando em conta o volume de ar circulante por um determinado período.

PARTE II - Análise dos compostos voláteis

Com o emprego da técnica de *HeadSpace*® não foi observado a presença de compostos voláteis, o que pode ser em função da possibilidade de não haverem compostos adsorvidos às partículas. Quando o material foi extraído do hexano observou-se a cromatografia da Figura 3, abaixo:

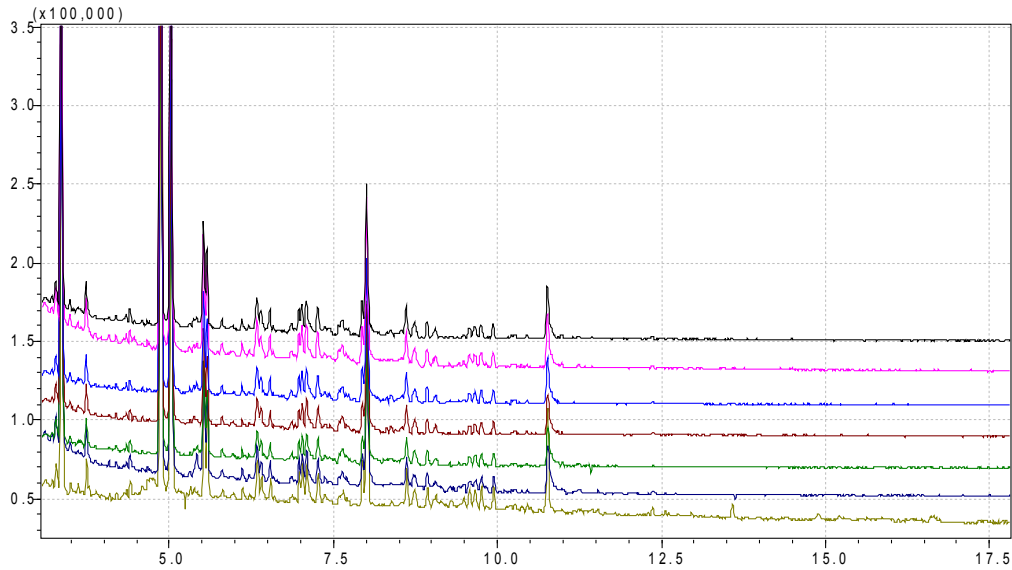


Figura 3: Cromatograma do material sólido dos filtros dos ar condicionados

Por espectrometria de massas identificou-se que os compostos encontrados no cromatograma que são oriundos do solvente e, das amostras foram observados pequenos picos que não estão em concentração que possam ser identificados na comparação com a biblioteca de espectros do equipamento

CONCLUSÃO

Embora se saiba da importância da qualidade do ar e da sua relação com a saúde humana há séculos, no Brasil ainda há um número reduzido de pesquisas que analisam a qualidade do ar interno em estabelecimentos de saúde e, mais especificamente em hospitais. As evoluções das pesquisas sobre a qualidade do ar interno estão ligadas à evolução dos estudos 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.

Com base no estudo realizado pode se concluir que o monitoramento ambiental de fontes poluidoras em âmbito hospitalar deve ser realizado, prioritariamente, nas áreas críticas como é o caso do centro cirúrgico.

Quanto à manutenção preventiva e a limpeza dos condicionadores, sugere-se que as medidas de higienização e desinfecção sejam mais rigorosas e realizadas por empresas especializadas em manutenção de sistemas de serviços de saúde, já que os aparelhos são fontes de disseminação/propagação de patógenos e podem contribuir para elevar os índices de infecção hospitalar.

Constatou-se que os principais aspectos relacionados à qualidade do ar no hospital em estudo são atendidos. No entanto, há a necessidade de modificação estrutural no sistema de condicionamento de ar nas salas de cirurgia para que se reduza a possibilidade de contaminações por via atmosférica, e a concentração de CO₂ no ambiente. Entretanto, como o hospital encontra-se em reforma geral espera-se que este fator seja contemplado na reorganização física e estrutural arquitetônica com a reforma.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE N., C. Um modelo do transporte de CO no sistema respiratório do corpo humano. Escola Politécnica da USP – Mestrado em Engenharia. São Paulo, 2005.

AFONSO et al. A qualidade do ar em ambientes hospitalares climatizados e a sua influência na ocorrência de infecções. Revista eletrônica de enfermagem v06, n02, 2004. Disponível em: <http://www.fen.ufg.br/>. Acesso em 12 de dezembro 2010.

AMARAL, D. M; PIUBELI, F. A. A poluição atmosférica interferindo na qualidade de vida da sociedade. In. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, X, 2003, Bauru: FEB,UNESP, 2003.

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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; 1992. Iluminância de Interiores, NBR 5413. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA 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.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE ESTUDOS E CONTROLE DE INFECÇÃO HOSPITALAR. Prevenção da infecção de sítio cirúrgico. São Paulo (SP): APECIH; 2001.

BAKONYI, S. M. C.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. MARTINS, L. C. Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR. Rev. Saúde Pública, v. 38, n. 5, p. 695-700, 2004.

BRAGA, B. et al. Introdução à engenharia ambiental. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005. 318 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2616, de 12 de maio de 1998. Aprova programa de controle de infecção hospitalar e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 13 maio 1998. Seção 1, p.133-5.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego – FUNDACENTRO. Norma de Higiene Ocupacional N° 06. Procedimento Técnico para Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor, 2002.

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.

BRAGA, A. Poluição Atmosférica e seus Efeitos na Saúde Humana, Faculdade de Medicina, USP, 2003.

BELLI F. P; LISBOA, H. M.. Avaliação de emissões odorantes, Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Out-Dez 1998.

BROWN et al. 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.

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

BRETAGNE S. et al. Fatal primary coetaneous aspergillus's in a bone marrow transplant recipient: nosocomial acquisition in a laminar-air flow room. Journal Hosp Infect,v. 3, n. 36, p. 235- 239, 1997

CARMO, A. T.; PRADO, R. T. A. Qualidade do ar interno. Texto técnico. Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1999.

CATANEO, C. et al. The preparation of the surgical team: significant aspect in the control of environmental contamination. Rev Latino-am Enfermagem , 2004 março-abril; 12(2):283-6.Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rlae/v12n2/v12n2a21.pdf>. Acesso 01 de fevereiro 2011.

CAVINATTO, V.M. Influência de fatores ambientais na dispersão de partículas originadas em um sistema de tratamento biológico de esgotos em valos de oxidação. 1991. 123p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

CHOI, I. S. Carbon monoxide poisoning: systemic manifestations and complications. J. Korean. Med. Sci., v. 16, n. 3, p. 253-261, 2001.

DANTAS, E. H. M. Ar condicionado, vilão ou aliado?Uma revisão crítica. Revista Brasindoor, v. 2, n. 9, p. 4-9, 1998.

DATASUS. Ministério da Saúde. Brasil. Datasus: informações de saúde. Disponível em: www.datasus.gov.br. Acesso em 10 de dez. de 2010.

EICKHOFF, T. C. Airborne Nosocomial Infection: a contemporary perspective. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, v. 15, n. 10, p. 663- 672, 1994.

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.

FREITAS, C.; BREMNER, S. A.; GOUVEIA, N. Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. *Rev. Saúde Pública*, v. 38, n. 6, p. 751-757, 2004.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S.R. Manual de Conforto Térmico. São Paulo: Nobel, 1988.

GIODA, A.; NETO, F. R. A. Poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil. *Química Nova*, vol.26, n. 3, p. 356-365, 2003.

GRANDJEAN, E. Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem. Tradução de João Pedro Stein, Porto Alegre: Bookman , 1998.

GRIGOREVSKI-LIMA et al. Occurrence of actinomycetes in indoor air in Rio de Janeiro, Brazil. *Building and Environment*, v. 41, p. 1540-1543, 2006.

GOUVEIA N, FLETCHER T. Air pollution and daily mortality in Sao Paulo, Brazil: effects by cause, age and socioeconomic status. *Journal of Epidemiology and Community Health* 2000; 54:750-755

HIEN et al. Comparative receptor modelling study of TSP, PM2 and PM2-10 in Ho Chi Minh City. *Atmospheric Environment*, 2001. Vol. 35, p. 2669 – 2678.

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

KWOC, A. 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.

LACERDA, A.; LEROUX, T.; MORATA, T. Efeitos ototóxicos da exposição ao monóxido de carbono: uma revisão. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica, Barueri (SP)*, v. 17, n. 3, p. 403-412, set.-dez. 2005.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.R. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW, 1997

LEE, T. et al. Relationship between indoor and outdoor bio-aerosols collected

button inhalable aerosol sample in urban homes. *Indoor Air*, v.16, p.37-47, 2006.

LIMA DE PAULA, J. 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.

MARTINHO, J. Ambiente Térmico. Disponível em: <http://www.prof2000.pt/users/eta/Amb_Termico.htm> Acesso em: 15 março de 2011.

MC DONALD, L. et al. Outbreak of *Acinetobacter* spp. Bloodstream infection in a nurse associated with contaminated aerosols and air conditioners. *Pediatr. Infect. Dis. Journal*, v. 8, n.17, p.716- 722, 1998.

MOLHAVE, L. Chapter 25: Sensory irritation in humans caused by volatile organic compounds 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.

MOSCATO, U. Hygienic management of air conditioning systems. *Societa Editrice Universo*, supl. 02, n. 12, p. 249 – 54, 2000.

MOUVIER, G. A Poluição Atmosférica. São Paulo, Série Domínio, Ed. Ática, 1997.

NUNES, Z. G. 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.

OKUMOTO, J.C. 2006. Avaliação das instalações elétricas de centro cirúrgico. Estudo de caso: hospital universitário. Campo Grande. Dissertação. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Programa de Pós-Graduação em Mestrado em Engenharia Elétrica. Disponível em: <http://www.cbc.ufms.br>. Acesso em 12 de junho de 2011.

PIERSON, M. A. Segurança do paciente e do ambiente. In MEEKER, M.H.; ROTH-ROCK, J.C. *Cuidados de enfermagem ao paciente cirúrgico*. 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1997. Cap.2, p.18-32.

QUADROS et al. Qualidade do ar interno em veículos automotivos e ônibus de transporte público em termos da concentração de dióxido de carbono. *Anais do XIII SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Brasil, 2008.

RABHAE G. N, RIBEIRO-FILHO N, FERNANDES A. T. Infecção do sítio cirúrgico. In: Fernandes A. T, Fernandes M. O. V, Ribeiro-Filho, N. *Infecção hospitalar e suas interfaces na área da saúde*. São Paulo: Atheneu; 2000 p. 479-505

ROSA, E. DE MELO LISBOA, H. Dispersão de aerossóis no sistema de tratamento de esgotos por lodo ativado na ETE Florianópolis – SC. *Revista de estudo*

tais, v. 7, n. 1, jan/jul 2005, p. 26-38. Blumenau: Editora da FURB, 2005.

SAMET, J. 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.

SANTANA, C. J. R.; 1996. Instalações Elétricas Hospitalares. 1. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS.

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_sau-de.asp Acesso em 05 de junho de 2011.

SCHREIBER, J. S.; PROHONIC, E.; SMEAD, G. 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

SIQUEIRA, L. F. G. Síndrome do edifício doente, o meio ambiente e a infecção hospitalar. In: FERNANDES, A. T.; FERNANDES, M. A. V.; RIBEIRO, N. F. Infecção Hospitalar e suas Interfaces na Área da Saúde. São Paulo: Atheneu, 2000. p.1307-1322.

SPENGLER, J. D.; CHEN, Q. Y.; DILWALI, K. 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. 1448p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENFERMEIROS DE CENTRO CIRÚRGICO, RECUPERAÇÃO PÓS - ANESTÉSICA E CENTRO DE MATERIAL E ESTERILIZAÇÃO.- Práticas recomendadas - SOBECC. 4. ed., rev. e atual. São Paulo: SOBECC, 2007. 226 p.

STATHOULOPOU, 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.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 894p.

TRENBERTH, et al, Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds.: Solomon, S., et al.. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

TUCKER, W. G. 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.

UNDERHILL, D. 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.

UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL. Normas para apresentação de trabalhos acadêmicos [recurso eletrônico]/Universidade de Santa Cruz do Sul. - 1. ed. / atualizada por Clarice Agnes e Inácio Helfer. - Santa Cruz do Sul : EDUNISC, 2010.

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.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Programmes and Projects: Indoor Air Pollution. Disponível em: < www.who.int/indoorair/en/> Acesso em: 17 de jan. 2011.

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.

ZHANG, Y. Indoor Air Quality Engineering. Boca Raton: CRC Press, 2004. 615p.