

**UNIVERSIDADE BRASIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA  
CAMPUS ITAQUERA**

**RICARDO ANDRADE SANTOS**

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA MICROBIOLÓGICA DE UM SISTEMA DE  
VENTILAÇÃO HOSPITALAR COM FILTRAGEM HEPA NA  
PREVENÇÃO DE PATÓGENOS DISPERSOS NO AR**

**STUDY OF THE MICROBIOLOGICAL EFFICIENCY OF A HOSPITAL  
VENTILATION SYSTEM WITH HEPA FILTRATION IN THE  
PREVENTION OF AIRBORNE PATHOGENS**

São Paulo – SP  
2º semestre /2020

**RICARDO ANDRADE SANTOS**

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA MICROBIOLÓGICA DE UM SISTEMA DE  
VENTILAÇÃO HOSPITALAR COM FILTRAGEM HEPA NA  
PREVENÇÃO DE PATÓGENOS DISPERSOS NO AR**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica.

Prof(a). Dr(a). Fernanda Roberta Marciano  
**Orientador(a)**

São Paulo – SP  
2º semestre / 2020

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Brasil,  
com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

S238e SANTOS, Ricardo Andrade

Estudo da eficiência microbiológica de um sistema de ventilação hospitalar com filtragem HEPA na prevenção de patógenos dispersos no ar / Ricardo Andrade Santos. -- São Paulo: Universidade Brasil, 2020.

122 p.: il. color.

Tese de Doutorado defendida no Programa de Pós-graduação do Curso de Engenharia Biomédica da Universidade Brasil.

Orientação: Profa. Dra. Fernanda Roberta Marciano.

1. Ambiente Hospitalar. 2. Filtro HEPA. 3. Sistemas de Climatização I. Marciano, Fernanda Roberta. II. Título.

CDD 620.82



## TERMO DE APROVAÇÃO

RICARDO ANDRADE SANTOS

### "ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO HOSPITALAR COM FILTRAGEM HEPA NA PREVENÇÃO DE PATÓGENOS DISPERSOS NO AR"

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica** da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

Prof(a). Dr(a) Fernanda Roberta Marciano (presidente-orientadora)

Prof(a). Dr(a) Laurita dos Santos (UNIVERSIDADE BRASIL)

Prof(a). Dr(a) Rodrigo Sávio Pessoa (UNIVERSIDADE BRASIL)

Prof(a). Dr(a) Alejandro Marcel Hasslocher-Moreno (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ)

Prof(a). Dr(a). Francílio de Carvalho Oliveira (CENTRO UNIVERSITÁRIO UNINOVAFAP)

São Paulo, 04 de dezembro de 2020.

Presidente da Banca Prof.(a) Dr.(a) Fernanda Roberta Marciano

Houve alteração do Título: sim (  ) não (  ):

ESTUDO DA EFICIÊNCIA MICROBIOLÓGICA DE UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO HOSPITALAR  
COM FILTRAGEM HEPA NA PREVENÇÃO DE PATÓGENOS DISPERSOS NO AR



## Termo de Autorização

### Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respeetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.


Título do Trabalho: “**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO HOSPITALAR COM FILTRAGEM HEPA NA PREVENÇÃO DE PATÓGENOS DISPERSOS NO AR**”

#### Autor(es):

Discente: **Ricardo Andrade Santos**

Assinatura: 

Orientador(a): **Prof.(a) Dr.(a) Fernanda Roberta Marciano**

Assinatura: 

Coorientador(a): **Prof.(a) Dr.(a)**

Assinatura: \_\_\_\_\_

Houve alteração do Título: sim (  ) não (  ):

ESTUDO DA EFICIÊNCIA MICROBIOLÓGICA DE UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO HOSPITALAR  
COM FILTRAGEM HEPA NA PREVENÇÃO DE PATÓGENOS DISPERSOS NO AR

Data: 04/12/2020

## **AGRADECIMENTOS (opcional)**

Aos meus pais minha eterna gratidão por terem me dado a vida e por toda dedicação e esforço para que tivesse acesso à melhor educação que podiam me dar, para que um dia eu pudesse chegar até aqui.

A minha esposa Edna e aos meus filhos Gabriel e Gustavo por todo o incentivo ao meu trabalho, pelo amor, pelo apoio incondicional em todos os momentos, por ter compreendido minha ausência durante este longo período, essa vitória é nossa.

A Professora Dr<sup>a</sup> Fernanda Marciano por toda amizade e comprometimento como pesquisadora e orientadora, por todos os anos em que estive ao meu lado, por ter me doutrinado no caminho científico e por ter me ensinado que o valor do conhecimento não tem preço.

A Universidade Federal do Rio de Janeiro, ao Laboratório de Micobactérias do Instituto de Microbiologia Paulo de Góes representado pela equipe do Professor Dr<sup>o</sup> Rafael Duarte, disponibilizando o fornecimento dos insumos e análises das amostras vitais para o desenvolvimento da pesquisa.

A Universidade Brasil, pela oportunidade de acreditar no meu potencial e auxiliar no aperfeiçoamento profissional. Aos demais colegas, docentes e discentes, do programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, pelas trocas acadêmicas que influenciaram positivamente neste trabalho.

*“Que vossos esforços desafiem as impossibilidades,  
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram  
conquistadas do que parecia impossível.”*

Charles Chaplin

## RESUMO

A climatização em Centros de Terapia Intensiva (CTI) e Enfermarias configura latente meio de propagação de microrganismos por vias respiratórias, onde pacientes e profissionais da saúde ficam expostos a agentes etiológicos transmitidos por bioaerossóis. Além disso, o contágio efetivado nestes ambientes ratifica a percepção de que a climatização mal projetada; potencializa a transmissão dos patógenos em locais de fluxo constante de indivíduos imunodeprimidos e, portanto, suscetíveis a infecções. Assim, a climatização com filtragem HEPA apresenta-se como a técnica de engenharia hospitalar com efetivo potencial de dirimir a entrada destes agentes contaminantes dispersos no ar. A ocorrência de patógenos desta natureza vem sendo negligenciada nas pesquisas científicas tornando-se objeto de estudos mais recentes, mas que ainda carecem de maior volume de debates. Objetivo da pesquisa consistiu em avaliar a eficiência microbiológica nos sistemas de climatização com filtragem HEPA em um hospital (CTI e enfermarias), na prevenção da disseminação das doenças pulmonares de transmissão por via aérea. O método utilizado foi da coleta das amostras de ar através do método de impactação ativa, em um período de 32 semanas no centro de terapia intensiva e nas enfermarias. Os resultados identificaram 67% de fungos e 33% de bactérias com suas respectivas subcategorias. A contagem das unidades formadoras de colônia (UFC) foi superior ao preconizado pela norma vigente. A conclusão do estudo evidencia que o ar dos hospitais é uma via de transmissão e persistência de microrganismos multirresistentes e sugere a necessidade de revisão das normas que abordam sobre o uso dos filtros HEPA, fluxo laminar, pressão negativa, trocas de ar, validação do leito e metodologia de detecção, necessárias nos ambientes hospitalares.

**Palavras-chave:** ambiente hospitalar, filtro HEPA, bioaerossóis, sistemas de climatização.

## ABSTRACT

Air conditioning in Intensive Care Centers (ICUs) and Wards is a latent means of propagating microorganisms through the respiratory tract, where patients and health professionals are exposed to etiologic agents transmitted by bioaerosols. In addition, the contagion in these environments confirms the perception that poorly designed air conditioning; it potentiates the transmission of pathogens in places of constant flow of immunosuppressed individuals and, therefore, susceptible to infections. Thus, air conditioning with HEPA filtration presents itself as a hospital engineering technique with an effective potential to reduce the entry of these contaminating agents dispersed in the air. The occurrence of pathogens of this nature has been neglected in scientific research, becoming the object of more recent studies, but which still require a greater volume of debate. Research objective consisted of evaluating the microbiological efficiency of HEPA filtering air conditioning systems in a hospital (CTI and wards), in preventing the spread of airborne lung diseases. The method used was the collection of air samples through the active impaction method, over a period of 32 weeks in the intensive care unit and in the wards. The results identified 67% of fungi and 33% of bacteria with their respective subcategories. The counting of colony-forming units (CFU) was higher than that recommended by the current regulation. The conclusion of the study shows that hospital air is a route of transmission and persistence of multi-resistant microorganisms and suggests the need to review the rules that address the use of HEPA filters, laminar flow, negative pressure, air changes, bed validation and detection methodology, necessary in hospital environments.

**Keywords:** hospital environment, HEPA filter, bioaerosols, air conditioning systems.

## **DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO**

A referida pesquisa desenvolvida evidencia que a qualidade do ar é dependente de um conjunto de fatores intrínsecos e interligados as condições ambientais e manutenção das instalações e equipamentos, higienizações, fluxo de pessoas, entre outros e que, portanto, a investigação da qualidade do ar não se restringe a uma simples investigação qualitativa e quantitativa de bioaerossóis. Os resultados obtidos das amostras de ar confirmaram a presença de gêneros de fungos e bactérias com risco de disseminação através do ar no interior da Enfermarias e de um Centro de Terapia Intensiva, mesmo com os equipamentos de descontaminação de ar com filtragem HEPA instalados nos respectivos locais. Portanto, espera-se que com esse estudo, possamos nos atentar da higiene do ar nos ambientes hospitalares, com a finalidade de minimizar gastos com a saúde de doentes e melhorar a qualidade de vida dos pacientes internados; fazendo com que os mesmos apresentem menores índices de exacerbações da doença instalada por via aérea.

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Fatores interferentes na qualidade do ar em ambientes hospitalares ...</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2 - Tamanho dos contaminantes e partículas .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3 - Bactérias que aparecem com maior frequência nas casuísticas científicas.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 4 - Fungos que aparecem com maior frequência nas casuísticas científicas de estudos ambientais .....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 5 - Corte ilustrativo do amostrador de Andersen .....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 6 - Corte ilustrativo do Impactador de fenda ou orifício.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 7 - Registro fotográfico do Impactador tipo de Impinger .....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 8 - Exemplo de quartos de precaução aérea ou ambiente de isolamento infeccioso no ar .....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 9 - Esquema representativo do sistema de refrigeração do tipo fan-coil ....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 10 - Descrição do Mecanismo Físicos de coleta.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 11 - Foto ilustrativa de um filtro HEPA.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 12 - Esquema Ilustrativo de um Fluxo Laminar.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 13 - Esquema Ilustrativo de um fluxo turbulento.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 14 - Vista externa do centro de internação do Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas (em destaque) .....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 15 - Vista interna de um quarto de precaução aérea, enfermaria do INI .....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 16 - Amostrador de ar de um estágio modelo Mas-100 fabricante Merck.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 17 - Ilustração de um impactador em corte.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 18 - Registro da coleta da amostra de ar em um dos leitos de precaução aérea</i>	<i>56</i>
<i>Figura 19 - Gráfico da Média de Temperatura aferida no ambiente de estudo.....</i>	<i>61</i>
<i>.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 20 - Gráfico da média da Umidade Relativa aferida no ambiente de estudo</i>	<i>62</i>
<i>.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 21 - Gráfico da média Temperatura e Umidade Relativa aferidas nas Antecâmaras .....</i>	<i>63</i>
<i>.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 22 - Gráfico da média da taxa de renovação de ar nos ambientes de estudo .....</i>	<i>64</i>
<i>.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 23 - Foto do manômetro inoperante do leito de precaução aérea do CTI.....</i>	<i>64</i>

<i>Figura 24 - Gráfico da média das pressões negativas registradas nos quartos de precaução aérea do CTI e Enfermarias. ....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 25 - Percentual médio das amostras nos ambientes de estudo. ....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 26 - Ausência de estanqueidade nos leitos de precaução aérea, devido a abertura da janela .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 27 - Parede do Leito de precaução aérea com deterioração física nas instalações e presença de fungos.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 28 - Fatores que contribuem para a qualidade do ar interno. ....</i>	<i>70</i>

## LISTA DE QUADRO

<i>Quadro 1</i>	<i>Comparação entre os métodos de amostragem passivo.....</i>	<i>31</i>
<i>Quadro 2</i>	<i>Níveis de exposição para ambientes hospitalares diversificados .....</i>	<i>37</i>
<i>Quadro 3</i>	<i>Classificação dos filtros de ar .....</i>	<i>38</i>
<i>Quadro 4</i>	<i>Concentração média de bioaerossóis no ambiente de estudo. ....</i>	<i>66</i>
<i>Quadro 5</i>	<i>Identificação de fungos do gênero Aspergillus e classificação das seguintes espécies.....</i>	<i>67</i>
<i>Quadro 6</i>	<i>Identificação da categoria de bactérias .....</i>	<i>67</i>
<i>Quadro 7</i>	<i>Comparativo de parâmetros das agências regulatórias e artigos acadêmicos .....</i>	<i>73</i>

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS (Opcional)

AMCA	Air Movement & Control Association International
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers
BRASINDOOR	Sociedade Brasileira de Meio Ambiente e Controle de Qualidade de Ar de Interiores
°C	Grau Celsius
CCIH	Comissão de Controle de Infecção Hospitalar;
CDC	Centers for Disease Control and Prevention, USA
CINT	Centro de Internação;
CLSI	Clinical Laboratory Standard Institute
EAS	Estabelecimento Assistencial de Saúde FIOCRUZ
HEPA	High Efficiency Particulate Filter
FILTRO HEPA	Filtro de alta eficiência de partículas
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
min	Minuto
mL	Mililitro
mM	Milimolar
UFC	Unidades formadoras de colônias
µg	Micrograma
µm	Micrômetro(s)
nm	Nanômetro
PMOC	Plano de operação, manutenção e controle dos sistemas de condicionamento de ar

I/E	Relação entre o valor obtido no ambiente interno e o valor obtido no ambiente externo
INI	Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas;
IVR	Infecções Virais Respiratórias
SARS	Severe Acute Respiratory Syndrome
T	Temperatura
TR	Tonelada de Refrigeração
TSA	Ágar tripticase soja;
SBCC	Sociedade Brasileira de Controle de Contaminação;

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>24</b>
2.1	CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS DO AR	24
2.1.1	Bactérias	27
2.1.2	Fungos	27
2.1.3	Vírus	29
2.2	TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM DO AR, OUTRAS LEGISLAÇÕES E NORMAS VIGENTES APLICÁVEIS NOS AMBIENTES DE ESTUDO	29
2.3	MODELOS DE IMPACTADORES	32
2.3.1	Impactador de Andersen	32
2.3.2	Impactador de fenda ou orifício	33
2.3.3	Amostrador do tipo Impinger	34
2.4	LEGISLAÇÃO E NORMAS VIGENTES	35
2.4.1	Normas Vigentes aplicáveis nos ambientes de estudo e Outras Legislações	38
2.5	DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO	42
2.5.1	Sistemas de condicionadores de ar	43
2.5.2	Sistemas de expansão direta ou Sistema tipo fan-coil	43
2.6	FILTRAÇÃO CONCEITOS GERAIS	44
2.6.1	Descrição dos tipos de filtros mais usados nos sistemas de climatização	46
2.6.2	Fluxo Laminar	48
2.7	MOTIVAÇÃO DA PESQUISA	49
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>50</b>
3.1	LOCAL DO ESTUDO	50
3.2	AMOSTRAGEM	52
3.3	DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	54
3.4	COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS	55
3.5	PADRÕES DAS TÉCNICAS DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	56
3.6	MEIOS DE CULTURA	57
3.7	ANÁLISE LABORATORIAL DO AR	57
3.8	BACTÉRIAS	59
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>61</b>
4.1	RESULTADO DAS AMOSTRAS DE TEMPERATURA NOS AMBIENTES DE ESTUDO	61

4.2	RESULTADO DAS AMOSTRAS DE UMIDADE RELATIVA NOS AMBIENTES DE ESTUDO .....	62
4.3	RESULTADO DAS AMOSTRAS DE TEMPERATURAS E UMIDADE RELATIVA DAS ANTECÂMARAS. ....	62
4.4	RESULTADO DAS TAXAS DE RENOVAÇÃO DO AR. ....	63
4.5	RESULTADO DA PRESSÃO NEGATIVA NOS AMBIENTES DE ESTUDO	64
4.6	RESULTADO DAS CONCENTRAÇÕES TOTAIS DE BIOAEROSSÓIS .....	65
4.7	RESULTADO PERCENTUAL DAS AMOSTRAS DE BIOSARESSÓIS .....	66
4.8	RESULTADO DAS CONCENTRAÇÕES TOTAIS DE FUNGOS NO AR.....	67
4.9	RESULTADO DAS CONCENTRAÇÕES DE BACTÉRIAS NO AR.....	67
4.10	RESULTADO DA AVALIAÇÃO FÍSICA DAS INSTALAÇÕES FÍSICAS DOS AMBIENTES. ....	68
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>71</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>75</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>77</b>
	APÊNDICE A .....	87
	APÊNDICE B .....	89
	ANEXO 1 .....	91
	ANEXO 2 .....	92
	ANEXO 3 .....	98
	ANEXO 4 .....	102
	ANEXO 5 .....	104
	ANEXO 6 .....	106
	ANEXO 7 .....	107
	ANEXO 8 .....	108
	ANEXO 9 .....	122

## 1 INTRODUÇÃO

Registros do início do século XIV já relatavam que a qualidade microbiológica do ar e implicações na saúde dos indivíduos estavam relacionadas, muitas vezes por conta da ausência de ventilação adequada nos ambientes (HAINES e WILSON, 1998; Silva, 2013). Adicionalmente, estudos (Franklin, 2011 e QUADROS, 2009) acerca sobre os efeitos da qualidade do ar circulante no interior das unidades de saúde, já com a presença de filtragem, apresentam pouca atenção da comunidade científica.

De acordo com STOLWIJK, (1992) apud JONES (1999), ADDINGTON (2004) e ZHANG (2008), SODRÉ (2014), antes da década de 1970, o estado do ar em residências e ambientes de trabalho não-industriais eram investigados ocasionalmente, pois o nível de interesse era baixo. Contudo é o momento em que nos países desenvolvidos surgem os primeiros estudos relacionados às condições ideais do ar nestes espaços, que propiciou a criação dos edifícios selados que permitiam uma melhor eficiência energética nos sistemas de climatização artificial. Graças a esses sistemas foi possível minimizar as trocas de ar e calor entre os ambientes interno e externo, mediante a necessidade de se economizar a energia disponível (BRICKUS e NETO, 1998; BOFF, 2011).

Sendo assim, na década de 1980 esse fenômeno de deterioração da qualidade do ar ganhou o nome de Síndrome do Edifício Doente (SED) pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (EGIL, 2001; AFONSO, 2004).

Em virtude das consequências negativas sobre o conforto e a saúde humana, nos últimos anos o interesse pelo ar presente nos recintos fechados onde circulam pessoas vem crescendo (Lima e Mota, 2003; DOLINGER, 2010) , especialmente considerando que durante o dia é consumido aproximadamente 10m<sup>3</sup> de ar pela respiração, sendo 80 a 95% em ambientes fechados.

Segundo JAFFAL (1997), a contaminação biológica do ar de espaços internos foi a última a receber atenção apropriada. Essa atenção é necessária, em parte por conta da diversidade de microrganismos que podem afetar seres humanos, em parte em função da à grande variação ambiental existente entre os diferentes tipos de construções e pela dificuldade de coleta, análise e correlação entre os microrganismos encontrado e seus efeitos na saúde (GAIO, 2011).

Os principais mecanismos de transmissão aérea envolvem gotículas e aerossóis expelidos pelas vias respiratórias. As gotículas têm tamanho maior que 0,5

micrômetro ( $\mu\text{m}$ ) e podem atingir a via respiratória alta, ou seja, a mucosa das fossas nasais e da cavidade bucal. Quanto aos aerossóis, partículas menores que permanecem suspensas no ar por longos períodos de tempo, quando inaladas podem penetrar mais profundamente no trato respiratório (FRANKLIN, 2011).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), 2,7% das doenças respiratórias e alérgicas do mundo são provocadas pela presença de bioaerossóis no ambiente e se constituem o oitavo fator de risco mais importante ao se analisar a contribuição de variados fatores de risco para doenças respiratórias. Estima-se que as doenças respiratórias tenham uma mortalidade de 2,5 milhões de pessoas no mundo ao ano (WHO, 2014).

Apesar das doenças transmissíveis por via respiratória, através de gotículas e aerossóis, não representarem na atualidade a principal causa de mortalidade no país, este grupo de doenças ainda ocupa papel de destaque no que se refere à morbidade.

Estas constituem um problema de saúde pública no Brasil e no mundo e, por isso, vêm exigindo a utilização de medidas de controle de ordem geral e, secundariamente, de ordem individual como o uso de Equipamentos de Proteção Respiratória (ERP). Esses equipamentos são indicados para prevenção na disseminação de alguns agentes de transmissão por via respiratória, como o bacilo de Koch, o vírus do sarampo, o vírus da síndrome respiratória aguda grave (SRAG), para citar como alguns exemplos.

As Recomendações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e do Centers for Disease Control and Prevention (CDC) tem contribuído na redução da morbidade entre pacientes e profissionais da saúde. As instruções incluem o uso de medidas administrativas para reduzir o risco de exposição aos profissionais de saúde à doenças de transmissão de via respiratória, aliadas as técnicas de engenharia com o intuito de prevenir a disseminação e a concentração das gotículas e aerossóis infectantes onde haja risco de exposição.

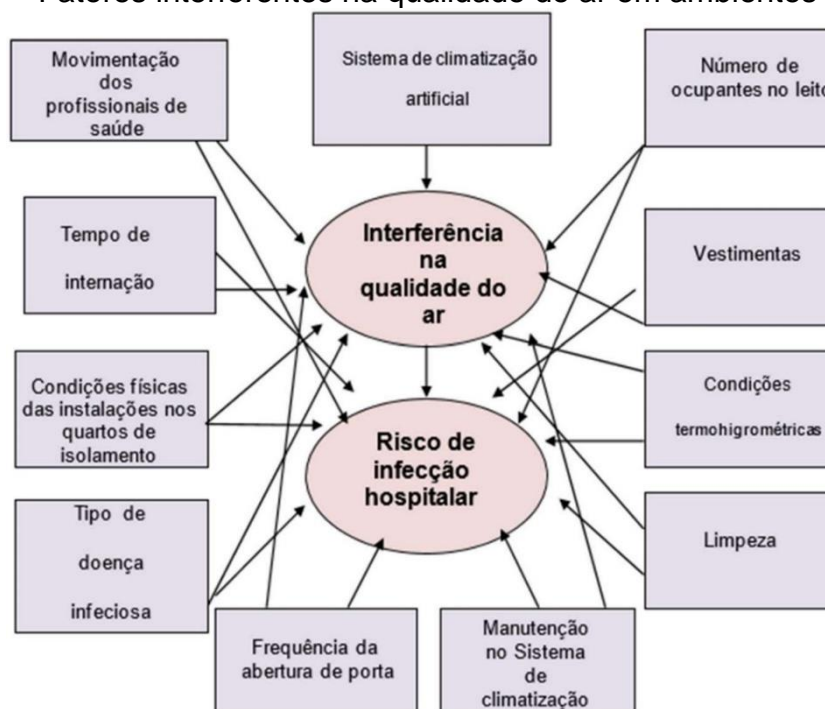
A criação de ambientes climatizados e a qualidade do ar destes ambientes têm sido a tônica de diversos trabalhos (BEGGS et al, 2003, NUNES, 2005; CORDEIRO et al, 2005; QUADROS, 2009), pois confrontam realidades novas na relação patógeno hospedeiro. Este fato emerge como um desafio de saúde pública. Segundo PITEIRA (2007), estudos acima já citados demonstram uma multiplicidade de fatores que envolvem o potencial de transmissibilidade aérea como: tipo de ventilação, umidade e temperatura do ar, níveis de pressão, e peso das partículas, renovação e vazão do

ar, entre outros fatores ambientais, que vão além da virulência do agente e das condições do hospedeiro.

Os autores mencionados no parágrafo anterior descrevem ainda sobre a importância da engenharia no controle da transmissibilidade aérea de patógeno e que a rota de transmissão aérea em hospitais pode corresponder a 10% de todos os casos esporádicos de infecção hospitalar. Por isso, acredita-se que um sistema bem projetado de ventilação hospitalar com filtragem HEPA (filtro alta eficiência de partículas) pode controlar o transporte aéreo de patógenos, em contraposição a um sistema mal projetado com frequência, poderia estar envolvido no transporte aéreo de microrganismos no ambiente hospitalar de um local para outro.

A contaminação no ambiente hospitalar pode estar associada a um conjunto de fatores dentre os quais se destaca a qualidade do ar. A Figura 1 descreve os principais fatores interferentes que possuem intrínseca associação com a qualidade do ar e contribuem para a ocorrência de infecções hospitalares.

Figura 1 - Fatores interferentes na qualidade do ar em ambientes hospitalares



Fonte: Adaptado da tese de mestrado Franklin, (2011).

Isto demonstra a relevância em ampliar o conhecimento sobre as medidas de prevenção e controle de infecção através de estudos interdisciplinares capazes de observar aspectos que vão além da epidemiologia e extrapolar para os conhecimentos de arquitetura, engenharia, comunicação e educação. KALLIOKOSKI (2003), já citava

sobre a importância do controle da fonte para prevenção dos riscos causados por microrganismos transportados por via aérea em hospitais. SOUZA (2012), vai além, opinando que mesmo tendo observado que os profissionais de saúde percebem a prevenção como altamente custo-efetiva, esta é por vezes esquecida e negligenciadas nos hospitais.

Com o crescimento de microrganismos de alta transmissibilidade aérea como a Síndrome Aguda Respiratória Grave (SARS) no ano de 2002 e em situações que envolvem outros microrganismos de grande importância na transmissibilidade aérea dentro dos hospitais, como é o caso de alguns como fungos (*Aspergillus fumigatus*) e bactérias (*Pseudomonas aeruginosa*) tem se ampliado à discussão sobre a qualidade microbiológica do ar (NUNES, 2006; QUADROS 2009; FERNANDES 2014).

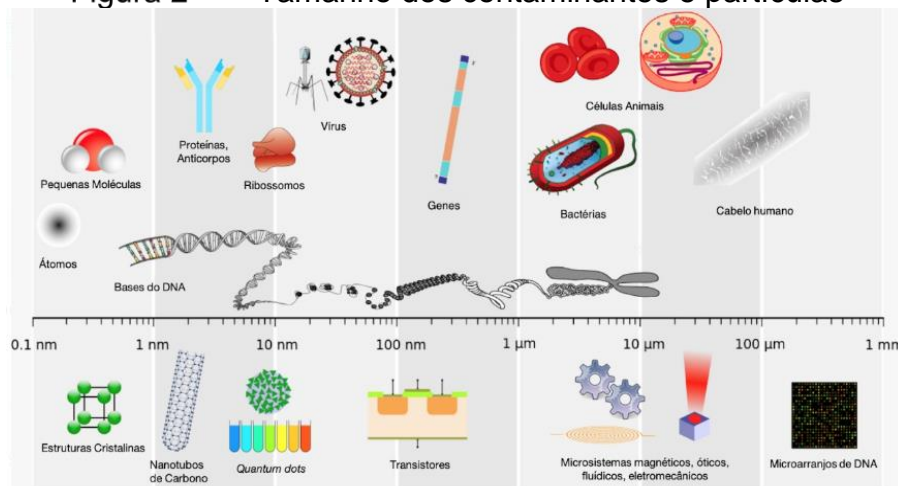
Apesar da proeminência no controle da qualidade microbiológica do ar para a prevenção da transmissibilidade aérea, falta maior confrontação dos dados da literatura para estabelecer os critérios. As conjunturas relacionadas comprovam a relevância de se mensurar elementos que possam contribuir positivamente ou não na disseminação de microrganismos no ambiente hospitalar com filtragem HEPA, fundamentando-se assim a inquietação sobre o estudo.

A ventilação é a técnica de engenharia que tem melhor possibilidade, quando bem empregada, em controlar patógenos transportados por via aérea. Acredita-se que as empresas especializadas em tratamento e certificação do ar possuam expertise no conceito de ventilação, porém poucos compreendem os verdadeiros princípios do movimento de ar em um quarto de isolamento e afins, com a ventilação mecânica. Os dois conceitos são bem diferentes.

Por outro lado, a ventilação mecânica dos sistemas de ar condicionado fornece o ar, em grande porcentagem recirculado, com apenas uma pequena proporção de ar fresco da parte externa. A recirculação do ar extraído internamente é geralmente adotada com a finalidade de conservar a energia, já que é caro promover as trocas de ar externas. A maioria dos sistemas de ventilação de alta capacidade possui um dispositivo eletromecânico para a diluição da ventilação, de modo que os contaminantes em ambientes climatizados sejam diluídos. Não obstante, quanto maior o número de trocas de ar do meio interno com o externo, melhor a diluição da ventilação em ambientes climatizados em que as trocas não são suficientes, os patógenos podem persistir no ambiente e assim ser um perigo em potencial à saúde dos indivíduos expostos (SANTANA, 2012).

Os contaminantes aéreos são geralmente classificados de acordo com critérios de tamanho, desde as moléculas gasosas (de 0,1 até 0,3 nm), aos aerossóis biológicos, minerais e orgânicos, até as fibras e grãos de pó (de 1 até 100nm). Assim partículas menores que 0,1nm distinguem-se das que podem ser eliminadas por filtração mecânica. O filtro HEPA comporta-se como uma peneira ou um coador (filtro mecânico), retendo partículas que possuem um diâmetro maior que o tamanho da rede, ou seja, são capazes de bloquear pelo menos 99,97% das partículas que possuam um diâmetro maior ou igual a 0,3  $\mu\text{m}$ , o que significa que retém a vasta maioria dos contaminantes em partículas como o caso do bacilo da tuberculose que apresenta o diâmetro de 0,2 - 0,5  $\mu\text{m}$ . (DURMAZ, 2005; TODAR, 2005; STEFFENS, 2007). Na Figura 2 exibe, alguns exemplos do tamanho de contaminantes e partículas.

Figura 2 - Tamanho dos contaminantes e partículas



Fonte: Autoria própria.

Outro fator importante é o fluxo de ar, a exemplo da ventilação de fluxo laminar. Em pacientes que apresentam doenças infecciosas com transmissão aérea, a ventilação de fluxo laminar poderia ser útil, quando utilizada em quartos de precaução aérea, onde profissionais de saúde são particularmente vulneráveis à infecção em ambiente hospitalar por via aérea.

No Brasil, existem registros em documentos sobre o problema da qualidade do ar no final da década de 1990, quando veio a público a morte do ex-ministro das Comunicações Sérgio Motta por pneumonia fúngica adquirida pelo sistema de ar condicionado de parede no seu gabinete ministerial (PAULA,2003). A repercussão do

acidente propiciou o avanço do estabelecimento de legislações ligadas à qualidade do ar de interiores e passou a receber maior atenção no Brasil.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é o órgão responsável pela proteção e promoção à saúde da população, garantindo a segurança sanitária de produtos e serviços. Dentre as suas inúmeras atribuições funções, uma delas é promover as publicações de normas, portarias destinadas ao seu nicho de atuação. A título de registro a sua criação é datada do ano 1999, sendo está vinculada ao Ministério da Saúde (BRASIL, 2009).

Sendo assim, o objetivo dessa pesquisa consistiu em avaliar a eficiência microbiológica nos sistemas de ventilação com filtragem HEPA no centro de terapia intensiva (CTI) e enfermarias do Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas (INI-Fiocruz), na prevenção aos agentes biológicos dispersos por via aérea.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS DO AR

Embora os efeitos da poluição sejam conhecidos desde a antiguidade, somente após a revolução industrial, a poluição atingiu maiores proporções, devido ao aumento no consumo de energia nas indústrias provenientes da queima de combustíveis fósseis por fontes fixas de emissões de poluentes e por fontes móveis, como os veículos automotores.

A poluição atmosférica tem se tornando uma ameaça constante a saúde e bem estar das populações, sendo considerado este um desafio a saúde pública a nível mundial (EKHAISE et al., 2008), onde a poluição pode ser compreendida pelos seguintes meios: bioaerossóis e/ou materiais particulados dispersos na atmosfera e agentes químicos, podendo provocar doenças ou até morte de seres humanos, plantas e outros organismos vivos (OMOIGBERALE et al., 2014).

Pode se dizer que existe uma diversidade de poluentes dispersos no ar interno das edificações, sendo estes classificados na ordem de milhares, evidenciando assim o impedimento em descrever todos. Porém estes contaminantes são facilmente distinguíveis quanto à sua natureza, podendo ser classificados como físicos, químicos ou biológicos (CROFT et al., 1986; PLATTS- MILLS et al., 1987; ROM et al., 1991; OWEN e ENSOR, 1992; LOUDON et al., 1996; STONE, 2000), sendo os contaminantes físicos exemplificados como pequenas partículas inaláveis de poeira e quando aspirado em quantidades que podem ser depositados no trato respiratório de forma irreversível, ocasionando enfermidades aos indivíduos expostos (SELIKOFF & GREENBERG, 1991; SAMET et al., 1993; WOLKOFF et al., 1998).

Os contaminantes químicos são retratados pelos compostos orgânicos voláteis e semivoláteis, e são normalmente encontrados como componentes de utensílios de decoração (carpetes, mobiliário, tintas e vernizes) ou produtos utilizados na rotina diária, tais como os de limpeza e desinfecção, inseticidas, toner de máquinas copadoras, etc., além dos gases resultantes de combustão, como o monóxido e o dióxido de carbono, ou telúricos, como o radônio.

Existem relatos de estudos de contaminantes desde a década de 1970 no mundo e no Brasil, a partir da década de 1990, e suas diversas consequências negativas geradas pela presença de poluentes no ar no interior das edificações, ocasionam alguns problemas de saúde como: irritabilidade direta de pele e mucosas,

hipersensibilidade/alergia, carcinogênese (SPENGLER & SEXTON, 1983; WOLKOFF et al., 1998; BRICKUS & NETO, 1999; STONE, 2000).

Os contaminantes biológicos são classificados em: bactérias, fungos, vírus, artrópodes, algas e pólen, podem ser chamados de bioaerossóis quando presentes no ar (GRIGOREVSKI-LIMA et al., 2006; LIMA DE PAULA, 2003). Os distúrbios de saúde humana são similares àquelas descritas para os contaminantes de natureza química, como as irritações da pele e do trato respiratório, as dermatites, rinites, conjuntivites, asma, além de sinais e sintomas tais como tosse, dores de cabeça, tonteira e mal estar generalizado (AL-DAGAL e FUNG, 1990; DUTKIEWICZ et al 1994; MENZIES e BOURBEAU, 1997).

O indivíduo quando contaminado por via aérea, apresenta o agente microbiano inalado retido no trato respiratório, em local propício ao seu desenvolvimento. Fatores como a imunidade do indivíduo, a dimensão das partículas, profundidade da penetração e a dosagem mínima do agente capaz de provocar a doença são fatores ligados à infectividade (ROSA e DE MELO LISBOA, 2005).

As concentrações de bioaerossóis podem sofrer uma variação em função da umidade atmosférica e da temperatura, pois afetam o crescimento das partículas. Atmosferas estáveis e condições meteorológicas reduzem as misturas de ar e provocam maiores aglutinação desses aerossóis. A suspensão dos materiais inertes está diretamente relacionada à umidade relativa, velocidade dos ventos e radiação sobre a superfície em que se encontram (FERNANDES, 2014).

É importante salientar que a qualidade do ar interior não pode ser prontamente controlada em um ambiente fechado, sem o devido controle e dispersão do ar, pois este confinamento de poluentes gera um maior risco para as pessoas que permanecem nestes locais por um período de tempo mais prolongado, como o caso dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), (SPENDLOVE e FANNIN, 1983).

De acordo com FERNANDES (2014), a contaminação natural do ar por microrganismos pode corresponder de 5 a 34% da poluição de ambientes internos, sendo formados por partículas biológicas aéreas viáveis (cultiváveis) ou não-viáveis (células mortas) presentes na atmosfera.

As doenças induzidas pela inalação de diferentes bioaerossóis estão relacionadas não apenas com suas propriedades biológicas e composição química, mas também com o número de partículas inaladas e o local em que se depositam no

trato respiratório. As partículas que compõem um bioaerossol medem entre 0,3 a 100 µm, no entanto, apenas a fração inalável, de 1 a 10 µm, é de interesse prioritário, aerossóis maiores que 10 µm possuem baixa probabilidade de atravessar a região nasal, já a faixa de diâmetro entre 5 e 10 µm são depositados no trato respiratório superior e as partículas menores que 5 µm, designadas de frações respiratórias, são capazes de penetrar nos alvéolos, causando: reações alérgicas, processos inflamatórios e doenças respiratórias infecciosas (PASTUSZKA et al., 2000).

O estudo realizado por ZHANG (2008) numa das cidades mais poluídas do mundo, Pequim, mostrou concentrações de bactérias cultiváveis desde 71 unidades formadoras de colônia por metro cúbico (UFC/m<sup>3</sup>) a 22.100 UFC/m<sup>3</sup>, e sendo identificadas 165 espécies dentro dos 47 gêneros cultiváveis. Os microrganismos que ocorrem com maior frequência foram bactérias gram-positivas (*Micrococcus*, *Kocuria*, *Staphylococcus spp.*), bacilos formadores de endósporos (*Bacillus spp.*), bactérias gram-negativas (*Pseudomonas*, *Aeromonas spp.*), fungos filamentosos (*Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.*) e leveduras (DUTKIEWICZ et al., 2002).

Os riscos biológicos ao homem originam-se da exposição a elevadas concentrações ou a formas não-usuais de bioaerossóis, e os três principais grupos de doenças associadas a essa exposição são as infecciosas, respiratórias e câncer, apesar de não haver certeza sobre este último, se sua ocorrência está ligada a exposição a agente biológicos ou aos vários compostos químicos usados nas indústrias (DOUWES et al., 2003), entre as infecções causadas por esses microrganismos presentes no ar estão: a doença dos legionários, causada pelo contato do ar com a água contaminada por bactérias do gênero *Legionella*, encontradas em sistemas de ar condicionado; a tuberculose, pela inalação de gotículas presentes contendo a *Mycobacterium tuberculosis*; o antrax, doença grave causada pela inalação de esporos do *Bacillus anthracis*, geralmente é associada ao bioterrorismo; e doenças causadas pela exposição à endotoxinas oriundas da parede celular de bactérias gram-negativas (BREATHNACH et al., 1998; IVENS et al., 1999; TRAEGER et al., 2002).

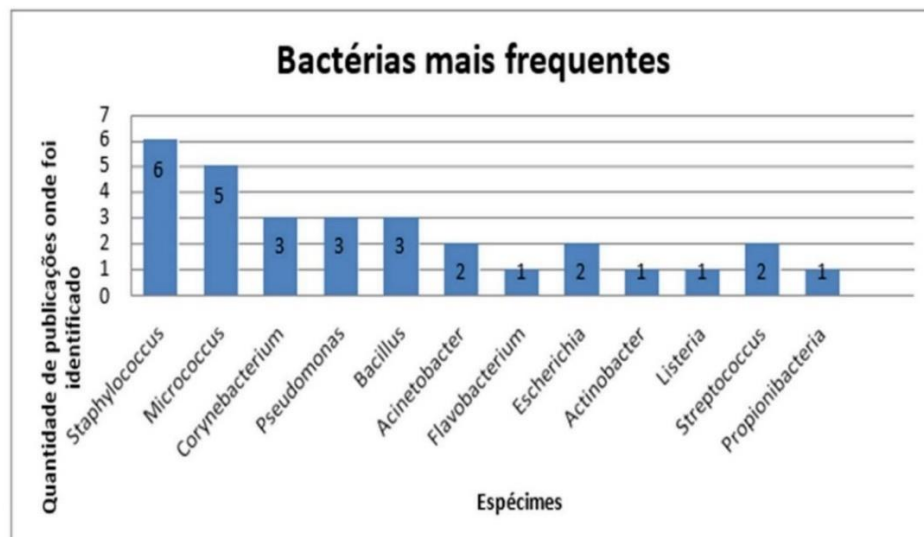
Alguns estudos já relacionaram a ocorrência de câncer pela inalação da poeiras de certas atividades industriais como processamento do amendoim, processamento de alimentos destinados à agropecuária, fabricação de moveis e outras atividades produtoras de particulado de madeira como serrarias (GERBERICK et al., 1984; AUTRUP et al., 1993; HILDESHEIM et al., 2001).

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

### 2.1.1 Bactérias

As bactérias bem como os outros agentes biológicos podem não existir no ar como partículas isoladas, necessitam aglomerar-se em células ou serem transportadas através do ar agregadas a fragmentos de plantas ou animais, poeiras, pólen ou esporos que se mantêm suspensos na atmosfera. (JONES e HARRISON, 2004). Na Figura 3 são retratados os prevaletentes espécimes mais comuns encontrados em artigos acadêmicos publicados.

Figura 3 - Bactérias que aparecem com maior frequência nas casuísticas científicas



Fonte: Adaptado da tese de mestrado Franklin, (2011).

### 2.1.2 Fungos

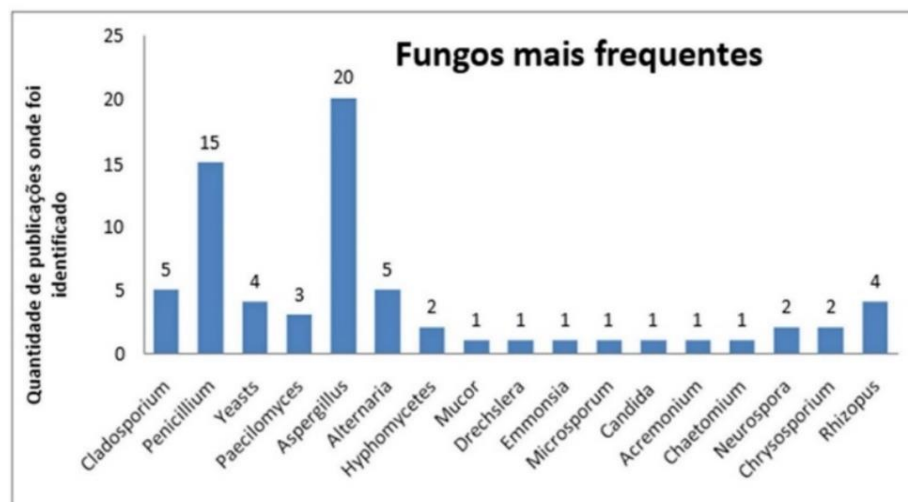
De acordo com a resolução RE nº 09 da ANVISA os fungos são os indicadores biológicos da qualidade do ar escolhidos com o intuito de determinar a contaminação de um determinado local. Essa resolução especifica o valor máximo recomendado em

750 ufc/m<sup>3</sup> (unidades formadoras de colônia por metro cúbico de ar) de fungos, para amostragem ativa. Além disso, a mesma resolução também define uma relação I/E < 1,5, onde “I” é a quantidade de fungos no ambiente interior e “E” é a quantidade de fungos no ambiente exterior (BRASIL, 2003).

Existem registros científicos que evidenciam que a incidência de infecções hospitalares importantes causadas por fungos, tem aumentado nas últimas décadas de forma significativa em indivíduos com sistema imunológico comprometido (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004).

Diversas espécies deste gênero foram isoladas e identificadas por NUNES (2005) em um hospital do Rio de Janeiro com o mesmo tipo de fungo. FALVEY e STREIFEL (2007) também monitoraram os fungos do gênero *Aspergillus* em um hospital universitário durante 10 anos, e afirmaram ser “impossível, sem a aplicação de medidas pouco práticas, manter um ambiente interno completamente desprovido de *Aspergillus spp*”. Burge (2004) afirma que “os fungos estão entre os poluentes do ar interno mais importantes e menos compreendidos”, sendo praticamente onipresentes nos ambientes urbanos. Na Figura 4 alguns exemplos de fungos oportunistas encontrados em artigos acadêmicos publicados.

Figura 4 - Fungos que aparecem com maior frequência nas casuísticas científicas de estudos ambientais



Fonte: Adaptado da tese de mestrado Franklin, (2011).

As infecções de origem fúngica são descritas como micose, geralmente as micoses oportunistas são aquelas em que um patógeno, geralmente inofensivo em seu hábitat natural, se torna patogênico em um hospedeiro que se encontra debilitado ou traumatizado (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

### 2.1.3 Vírus

Os vírus se propagam pelas correntes de ar, em ressuspensão de material particulado ou em gotículas de aerossóis dispersadas pela saliva (Lima de Paula, 2003). As infecções virais respiratórias (IVR) são as doenças mais comuns que afetam o homem, sendo uma causa de morbidade elevada, queda da qualidade de vida e de produtividade.

Os principais vírus patogênicos de espalhamento através do trato respiratório são descritos a seguir:

- *Adenoviridae*: os vírus da família *Adenoviridae* também são causadores de infecções nas vias aéreas superiores, como otite, faringite, amigdalite (TORTORA, FUNKE E CASE, 2005). Podem também afetar outros órgãos, causando conjuntivite, gastroenterite, infecção urinária e irritações na pele (CDC, 2005).
- Vírus Respiratório Sincicial: da família *Paramixoviridae*: vírus de manifestação mais comum em lactentes, podendo ainda causar um tipo de pneumonia potencialmente letal em pessoas mais velhas (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). Infecta o trato respiratório superior e inferior, sendo causador de bronquite e pneumonia em crianças, principalmente menores de 4 anos (SÉGALA *et al.*, 2008).
- *Influenzavirus*: causador da gripe pertence à família viral *Orthomixoviridae* e é subdividido nas estirpes A, B e C. As estirpes A e B são aquelas com maior potencial epidêmico e a estirpe A é a causadora da versão mais grave de gripe. A vacina contra a gripe protege apenas contra o vírus influenza A e B (TORTORA, FUNKE E CASE, 2005; WEISBERG, 2007).
- *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 (MYATT *et al.*, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). Em algumas crianças, é causador de bronquiolite, sendo responsável por um elevado número de internações hospitalares no inverno de acordo com SÉGALA *et al.* (2008).

## 2.2 TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM DO AR, OUTRAS LEGISLAÇÕES E NORMAS VIGENTES APLICÁVEIS NOS AMBIENTES DE ESTUDO

A maioria dos métodos de monitoramento de bioaerossóis apresentam apenas aproximações da concentração de fungos ou bactérias dos ambientes, e consiste na contagem de microrganismos viáveis (cultiváveis e não cultiváveis) e componentes ou partes desses microrganismos por coleta passiva e ativa. (PASQUARELLA et al., 2000; KINDINGER et al., 2005).

O método de coleta passivo, também conhecido como método gravitacional, é realizado pela sedimentação dos microrganismos presentes no ar em placas de petri contendo meio de cultura específico, para posterior contagem de UFC por superfície ou tempo de amostragem (UFC/m<sup>3</sup> e UFC/h). É um método limitado principalmente devido inexistência de um padrão no tempo de exposição, o que deteriora a precisão da quantificação desses microrganismos (PANTOJA et al., 2007).

Além disso, este método possui baixa sensibilidade para pequenas partículas como esporos que não se depositam espontaneamente pela ação da gravidade e pode sofrer influência direta da movimentação do ar no ambiente avaliado (NUNES et al., 2005). Entretanto, devido à simplicidade, baixo custo e o fornecimento de informações qualitativas sobre a exposição, ainda costuma ser utilizado principalmente para monitorar salas limpas e ambientes controlados (PASQUARELLA et al., 2000).

Existe também um outro método de amostragem existente no meio acadêmico conhecido como ativo ou de impactação ativa, onde são utilizados equipamentos para coleta de um volume conhecido de ar direcionando-o em um meio nutriente através de diferentes técnicas, quantificando a concentração de microrganismos pela contagem de UFC/m<sup>3</sup>. Dentro deste modo de amostragem, o processo mais utilizado é por impactação em meio sólido por amostradores do tipo linear de 1, 2 ou 6 estágios, que visam simular o trato respiratório humano em função do tamanho das partículas retidas (PASQUARELLA et al., 2000; NUNES et al., 2005).

Os impactadores de múltiplos estágios são capazes de determinar o número de partículas respiráveis e, portanto, o potencial do ar amostrado de nos causar infecções. Essa é sua maior vantagem, mas em contrapartida, os impactadores de múltiplos estágios são menos precisos, possuem um maior custo e são mais difíceis de serem manuseados do que os de apenas um estágio (NUNES et al., 2005). O quadro 1 apresenta um comparativo entre estes métodos de amostragem.

Quadro 1 Comparação entre os métodos de amostragem passivo

AMOSTRAGEM	PASSIVA	ATIVA
<b>ANÁLISES</b>	Qualitativa.	Quantitativa.
		Permite a detecção de microorganismos viáveis e cultiváveis e partes desses microorganismos.
		Possibilidade de uso de métodos <i>in-vitro</i> : LAL <sup>a</sup> , solução após lavagem do filtro para detecção de endotoxinas.
		TAM <sup>b</sup> : contato direto do filtro amostrado com sangue total humano fresco ou cultura de linhagens monocíticas. Dosagem de citocinas para contaminantes biológicos em geral.
<b>VANTAGENS</b>	Baixo custo.	Preconizada por diretrizes oficiais.
	Maior disponibilidade de uso.	Mais sensível. Mais eficiente.
	Maior número de análises em menor tempo.	Permite a avaliação de partículas de vários tamanhos, incluindo as alveolares.
<b>DESVANTAGENS</b>	Dificuldade na detecção de partículas pequenas como esporos fúngicos	Variedade de equipamentos dificulta comparação e a reprodutibilidade dos resultados.
	Influência do tempo de amostragem que não é definido.	Necessidade de constante calibração do equipamento.

<sup>a</sup>: Lisado dos Amebócitos de Limulus, <sup>b</sup>: Teste de Ativação de Monócitos

**Fonte:** Adaptado da revista da Ciências da Saúde, DA SILVA et al, (2012).

Faz-se necessário enfatizar que existem ainda outras técnicas de amostragem ativa como impactação em meio líquido e por centrifugação, filtração (através de um filtro de membrana) e precipitação eletrostática. A estimativa de material particulado no ar por métodos gravimétricos também vem sendo utilizada; entretanto, somente a quantidade de material particulado não é indicativo de atividade biológica dos componentes presentes na amostra (NUNES et al., 2005; QUADROS et al., 2009).

Compete destacar que existem uma variedade significativa de: amostragem, técnicas e equipamentos que podem gerar problemas na avaliação dos resultados na quantificação dos microorganismos, devido aos diferentes níveis de eficiência e custo. Essa dificuldade de comparação de resultados, dependendo do método de amostragem, já foi apresentada e registrada por FLEISCHER et al. (2006), que avaliou salas cirúrgicas e constatou que o número de UFC/m<sup>3</sup> de espécies patogênicas

obtidos pelo método de sedimentação foi em média inferior aos encontrados por impactação.

Métodos de cultura tradicionais nem sempre permitem a coleta ideal de microrganismos relacionados aos efeitos à saúde humana, pois não podem distinguir determinadas espécies em função do método de amostragem e meios de cultura específicos, fornecendo dados quantitativos de pouca reprodutibilidade, sendo de uso limitado para a avaliação da exposição (QUADROS et al., 2009; DASCALAKI, 2009).

Mediante ao cenário da amostragem e da análise da qualidade do ar, que são os primeiros passos para definir se o ambiente apresenta uma ameaça potencial para as pessoas expostas, os métodos toxicológicos *in vitro* vêm adquirindo importância como ferramenta nas amostragens de medição (KINDINGER et al., 2005; BLAAUBOER, 2008; BERNASCONI et al., 2010), pois são capazes de avaliar a atividade biológica e tornar possível a quantificação de todos os contaminantes biológicos presentes no ar do ambiente (BERNASCONI et al., 2010) e sua relação com doenças respiratórias.

As metodologias empregadas são adaptações de métodos utilizados na avaliação de contaminantes biológicos em produtos injetáveis de uso humano e recentemente incorporados na Farmacopeia Europeia especificamente para esse fim (BERNASCONI et al., 2010). A amostragem é realizada pelo método ativo com o uso de bombas individuais com fluxo definido e sistemas coletores ou impactadores formados por cassetes e filtros específicos (SSCHINDLER et al., 2009). Os dois métodos *in vitro* atualmente utilizados são: Teste de Endotoxina Bacteriana, baseado na reação do lisado de amebócitos do caranguejo-ferradura (*Limulus polyphemus*) com a endotoxina e por isso também conhecido como Lisado de Amebócitos do *Limulus* (LAL).

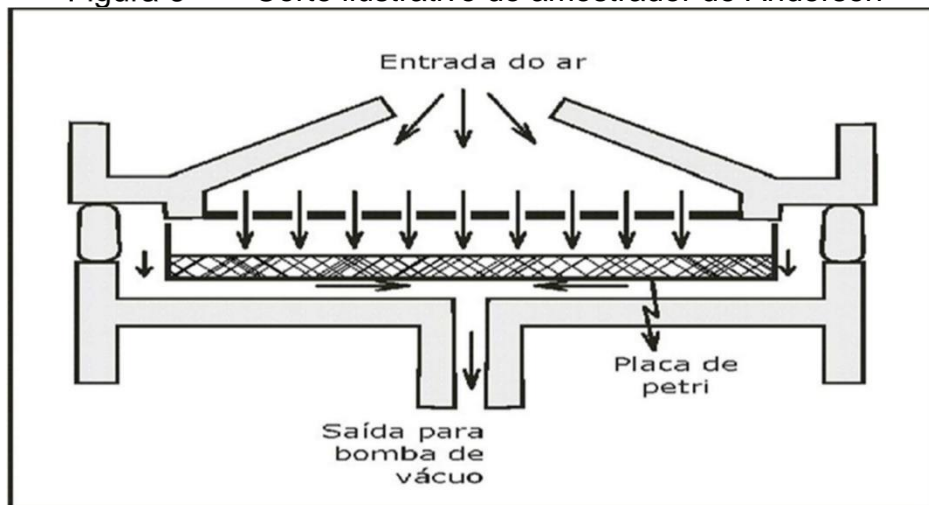
## 2.3 MODELOS DE IMPACTADORES

### 2.3.1 Impactador de Andersen

Na resolução RE nº 9 da recomendada pela ANVISA a amostragem ativa utiliza o impactador de Andersen como padrão, a uma taxa de vazão recomendada pela mesma resolução de 25 a 35 l/min, e tempo de amostragem de 5 a 15 minutos, para que o volume amostrado seja de 140 a 500 litros de ar. (BRASIL, 2003) O volume de ar passa por uma chapa metálica com orifícios com diâmetro padrão e uniforme sobre

uma placa de Petri com meio de cultura, o que permite o crescimento de culturas de microrganismos viáveis que são capazes de se reproduzir e formar colônias (NAGDA e RECTOR, 2004). Neste tipo de tecnologia do amostrador, existe a possibilidade de acoplar acessórios de estágios diferentes, com o intuito de coletar material em diferentes faixas de diâmetros, funcionando como um amostrador de cascata. Diz-se que este método permite simular os diferentes estágios do sistema respiratório humano (ANDERSEN, 1958), conforme a Figura 5.

Figura 5 - Corte ilustrativo do amostrador de Andersen

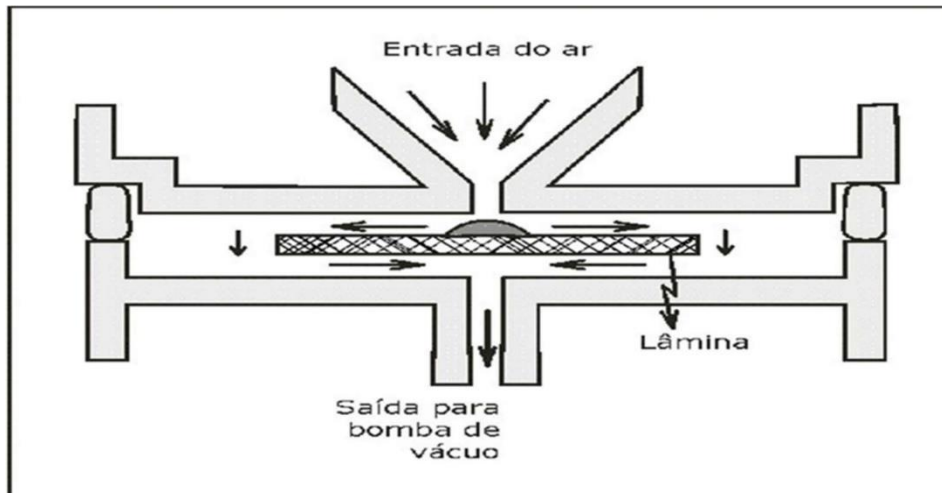


Fonte: Adaptado da tese de doutorado NUNES, (2005).

### 2.3.2 Impactador de fenda ou orifício

O impactador de fenda ou orifício pode ser utilizado para a amostragem de organismos viáveis ou não-viáveis. Nele, a amostra de ar passa por uma fenda do tipo Venturi, ou orifício, que direciona o jato de ar sobre uma lâmina de vidro autoadesiva, conforme Figura 6. Após a coleta a lâmina é então levada diretamente ao microscópio, procedendo-se à contagem dos esporos presentes no momento da amostragem, sem considerar a viabilidade destes (PORTNOY, FLAPPAN e BARNES, 2001).

Figura 6 - Corte ilustrativo do Impactador de fenda ou orifício



Fonte: Adaptado da tese de mestrado QUADROS, (2009).

As principais vantagens deste método são a rapidez de análise e o custo reduzido (PORTNOY, FLAPPAN e BARNES, 2001). As desvantagens são as possíveis dificuldades de se observarem as estruturas dos microrganismos em meio ao material particulado e outros poluentes, como pedaços de insetos e pólen, e a impossibilidade de identificar os organismos, já que este método é apenas quantitativo (NAGDA e RECTOR, 2004), também pode ser usado para amostragem de organismos viáveis, acoplando-se uma placa de Petri com meio de cultura sob a fenda, ao invés de uma lâmina, e incubando-se este material para observar o aparecimento de colônias e determinar o número unidades formadoras de colônias (UFC).

### 2.3.3 Amostrador do tipo Impinger

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

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

solução líquida, o que o torna pouco prático para uso em campo. A Figura 7 demonstra o esquema de funcionamento do Impactador do tipo Impinger.

Figura 7 - Registro fotográfico do Impactador tipo de Impinger



Fonte: Adaptado da tese de mestrado QUADROS, (2009).

Uma desvantagem deste método consiste na perturbação ao fluxo natural do ar, que é geralmente laminar, causada pela sucção deste pelo amostrador ativo, que cria regiões de turbulência nas suas imediações. Entretanto, todas as normas oficiais sobre o controle microbiológico do ar são baseadas na contagem de UFC/m<sup>3</sup>. Apesar de não se especificar o tipo de amostrador a ser usado, o único método de amostragem que relaciona o seu resultado à uma concentração volumétrica é o ativo (PASQUARELLA, PITZURRA e SAVINO, 2000).

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

## 2.4 LEGISLAÇÃO E NORMAS VIGENTES

A portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, do Ministério da Saúde, teve como objetivo estabelecer medidas básicas referentes à manutenção dos sistemas de

climatização, para garantir a "Qualidade do Ar de Interiores" e a prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados. Essa portaria regulamenta parâmetros físicos, químicos e biológicos, bem como os métodos de controle e pré-requisitos do projeto de instalação e de execução de sistemas de climatização (BRASIL, 1998).

As regulamentações (normas e resoluções) elaboradas no Brasil foram inspiradas e adaptadas nos parâmetros estabelecidos pela Sociedade Norte-Americana de Engenheiros de Aquecimento e Ventilação (ASHRAE). Esse órgão estabelece os padrões de qualidade para ambientes internos climatizados temperatura e umidade relativa do ar, taxas de ventilação do ar e alguns parâmetros físico-químicos, como a concentração de formaldeído e monóxido de carbono.

Países em desenvolvimento ainda não investem de forma significativa na adequação de valores de referência para a contaminação ambiental, pois as normas e legislações são estabelecidas em geral, a partir de simples compilações de dados de publicações internacionais. Todavia, não é comum a realização de revisões sistemáticas com a finalidade de buscar a origem das definições e os parâmetros que foram levados em consideração para o estabelecimento dos valores indicados por tais órgãos internacionais.

As premissas básicas dos guias e das normas têm sido estabelecidas para proteger os indivíduos de exposição excessiva aos poluentes do ar e garantir uma qualidade do ar interno (QAI) otimizada (TANG et al., 2009). Apesar dos diversos estudos e publicações recentes no meio acadêmico sobre a QAI, não se chegou a um consenso sobre as resoluções e normas, e acredita-se que a dificuldade de coleta de microrganismos no ar e a complexidade da composição corroborem para isso.

Persistem fartas propostas para determinação dos Valores Máximos Recomendáveis (VMR) ou conjuntos de parâmetros que classifiquem as condições ambientais, com relação aos marcadores epidemiológicos (fungos e bactérias), através de padrões ou normas, indicados por Órgãos Governamentais, Órgãos e Sociedades Científicas ou Privadas ou ainda através de projetos de pesquisa, experiência profissional ou consenso científico.

No Brasil os parâmetros definidos para QAI são baseados nos limites estabelecidos por órgãos internacionais e relacionados a ambientes ocupacionais para parâmetros físicos e químicos. Não existindo assim valores Limite de Exposição

Ocupacional ou Limites de Tolerância reconhecidos por órgãos regulatórios (PASQUARELLA et al., 2000).

A resolução RE nº 9, da ANVISA (BRASIL, 2003) estabelece padrões de referência para a qualidade do ar interior, em ambientes climatizados artificialmente, de uso público e coletivo. Nela, são listados os 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. Também essa resolução traz, em seus anexos, quatro normas técnicas especificando as metodologias de coleta e análise para os parâmetros supracitados.

Segundo NUNES (2005), a ANVISA promoveu a redação da consulta pública (CP) nº 109 de 11 de dezembro de 2003, que trata sobre esse mesmo tema, mais especificamente em ambientes de saúde, conforme anexo 2. Até o momento a resolução pertinente a esta ainda não foi oficializada. O documento gerado na CP nº 109 classifica os ambientes hospitalares em quatro níveis de riscos e estabelece que os padrões de referência para a contaminação microbiológica são diferenciados para os ambientes enquadrados nesses níveis de riscos (apêndice D).

Outra diferença desse documento em relação à RE nº 09 é o estabelecimento de limites de concentração para alguns compostos no ar, sendo eles: fenol ( $15\text{mg}/\text{m}^3$ ), formaldeído ( $2,3\text{mg}/\text{m}^3$ ) e etanol ( $1480\text{mg}/\text{m}^3$ ). Os valores estabelecidos para os parâmetros físicos, bem como a concentração de material particulado, permaneceriam os mesmos do que os da RE nº 09. Entretanto, a CP nº 109 não estabelece padrões para a concentração de  $\text{CO}_2$  no ar interno, conforme quadro 2 (BRASIL, 2003 apud NUNES, 2005).

Quadro 2 Níveis de exposição para ambientes hospitalares diversificados

Variáveis e Componentes	Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3
<b>Partículas biológicas totais no ar ambiental</b>	=750	=500	=200	= 50
	Ufc/ $\text{m}^3$	Ufc/ $\text{m}^3$	Ufc/ $\text{m}^3$	Ufc/ $\text{m}^3$

Fonte: Adaptado da CP 109, ANVISA 2003.

A redação da CP nº. 109 ANVISA sugere que os ambientes devam ser classificados de acordo com o risco de contaminação biológica, considerando:

Nível 0. Área onde o risco não excede aquele encontrado em ambientes de uso público e coletivo.

Nível 1. Área onde não foi constatado o risco de eventos adversos relacionados à qualidade do ar, porém algumas autoridades, organizações ou investigadores sugerem que o risco deva ser considerado.

Nível 2. Área onde existem fortes evidências de risco de ocorrência de eventos adversos relacionados à qualidade do ar de seus ocupantes ou de pacientes que utilizarão produtos manipulados nestas áreas, baseadas em estudos experimentais, clínicos ou epidemiológicos bem delineados.

Nível 3. Área onde existem fortes evidências de alto risco de eventos adversos de seus ocupantes ou de pacientes que utilizam produtos manipulados nestas áreas, baseados em estudos experimentais, clínicos ou epidemiológicos bem delineados.

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).

#### 2.4.1 Normas Vigentes aplicáveis nos ambientes de estudo e Outras Legislações

A norma técnica NBR 7256 de 2005 determina variáveis ambientais para ambientes hospitalares diversificados e classifica ainda os diferentes filtros de ar e eficiência conforme é possível observar no quadro 3. A NBR 7256 de 2005, aborda o tratamento do ar em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS)

– Requisitos para projeto e execução de instalações. De acordo com esta norma o controle das condições termo higrométricas é essencial para inibir a proliferação de micro-organismo, propiciar conforto e assegurar a saúde dos ocupantes.

Quadro 3 Classificação dos filtros de ar

CLASSES DE FILTROS		EFICIÊNCIA (%)
GROSSOS	G1	$50 \leq E_g < 65$
	G2	$65 \leq E_g < 80$
	G3	$80 \leq E_g < 90$

	G4	$90 \leq E_g$
FINOS	F5	$40 \leq E_f < 60$
	F6	$60 \leq E_f < 80$
	F7	$80 \leq E_f < 90$
	F8	$90 \leq E_f < 95$
	F9	$95 \leq E_f$
ABSOLUTOS	A1	$85 \leq E_{dop} < 94,9$
	A2	$95 \leq E_{dop} < 99,96$
	A3	$99,97 \leq E_{dop}$

Nota: 1 Filtros grossos e finos - classificados de acordo com a EM 779:2002; -Eg – eficiência gravimétrica para pó sintético padrão ASHRAE 52.1 Arrestance; -Ef – Eficiência para partículas de 0,4  $\mu\text{m}$  2 Filtros absolutos: -Edop - Eficiência para partículas de 0,3  $\mu\text{m}$ , de acordo com a norma U.S.Military Standard 282 (Teste DOP).

**Fonte:** Adaptado da norma NBR 7256.

Em virtude da crescente preocupação no Brasil com a utilização de sistemas de climatização, bem como com a qualidade do ar de interiores em todo o mundo, o Ministério da Saúde do Brasil aprovou a portaria no 3.523, em 28 de agosto de 1998, tendo como objetivo principal minimizar o risco potencial à saúde dos usuários, em face da permanência prolongada em ambientes dotados de sistemas de ar condicionado. A portaria regulamenta a definição de parâmetros físicos e composições físicas, químicas e biológicas, suas tolerâncias e métodos de controle (limpeza e manutenção), bem como os pré-requisitos de projetos de instalação e de execução de sistemas de climatização.

Além desta portaria faz-se necessário enfatizar a importância das seguintes normas reguladoras:

- ABNT NBR 6401 – Instalações de centrais de ar condicionado para conforto e parâmetros básicos de projeto;
- NBR 7256 – Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde;
- ABNT NBR 13700 – Classificação e controle de ar condicionado;
- Recomendação normativa 004-1995 da SBCC e classificação de filtros de ar para utilização em ambientes climatizados;
- ABNT NBR 1021 – Medições de temperatura em ar condicionado;
- NBR ISO 1464 – Sala limpas e ambientes controlados associados e

classificação de limpeza do ar;

- Resolução da nº 9 da ANVISA de 2003, Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de uso público e coletivo;

- RDC 50 Regulamento Técnico destinado ao planejamento, programação, elaboração, avaliação e aprovação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde, a ser observado em todo o território nacional, na área pública e privada;

Ainda nesta portaria adota-se o conceito de eficácia comprovada, baseado na definição do fluxo unidirecional, com filtro tipo HEPA na exaustão do ar da unidade de isolamento. O sistema de exaustão deve ser adequadamente dimensionado de modo a prover, no mínimo, 12 trocas de ar por hora, onde o fluxo de ar deverá ser unidirecional. O aparelho deverá ser preferencialmente instalado em posição contrária à porta de acesso ao isolamento, de modo que se consiga manter o fluxo de ar partindo do acesso e atravessando o quarto e o acesso do banheiro, para em seguida ser filtrado e exaurido (filtro HEPA).

Ainda na referida portaria o ar exaurido não poderá retornar a outros ambientes do hospital, sendo necessário que após filtragem adequada, seja expelido ao meio externo. Caso as unidades estejam implantadas em pavimentos térreos, este ar não poderá ser lançado em áreas com fluxo de pessoas, tais como: pátios, calçadas e outras áreas públicas, estabelecendo-se a distância mínima de 8,0m de tomadas de ar para sistemas de ventilação e/ou climatização.

Existindo a necessidade de instalação de dutos de ar, estes deverão ser unidos por meio de juntas flageladas, à prova de vazamentos. As dobras, conexões e acessórios dos dutos também deverão ser estanques. O aparelho de exaustão deverá ser, preferencialmente, fixado na alvenaria, evitando sua instalação em esquadrias ou outras superfícies passíveis de vibração. A vibração e o nível de ruído gerado, não deverá exceder 35dB, o que poderia gerar incômodo ao paciente. O sistema deverá observar os níveis de ruídos estabelecidos pela NB-10 da ABNT.

O filtro deverá ser substituído sempre que a pressão diferencial do fluxo de ar que o atravessa atinja a pressão de 45mmca ou após 18 meses de uso, ainda que a pressão diferencial seja inferior a pressão 45mmca (ANVISA, 2003). A troca destes filtros exige procedimentos especiais, por se tratar de um meio altamente

contaminado, classificado como resíduo do grupo A4, segundo a Resolução RDC nº 33, ANVISA – Ministério da Saúde, 2003.

Ainda na nota técnica do Ministério da Saúde não é recomendável à instalação de “aparelhos de janela” e os do tipo “air split”, uma vez que desta forma o insuflamento e o retorno de ar se dariam no mesmo local do ambiente, impedindo o fluxo unidirecional. Como estes aparelhos não possuem a capacidade de filtrar o ar adequadamente são passíveis de acúmulo de contaminantes em seu interior.

É essencial também que não haja recirculação do ar ambiente “contaminado”, a não ser que o condicionador de ar atenda exclusivamente ao quarto de isolamento e que o ar de retorno para esse condicionador passe por filtragem HEPA. Neste caso, as instalações deverão ser feitas fora do quarto, sendo as bocas de insuflamento e retorno conectadas ao condicionador por meio de dutos estanques que propiciem fluxo unidirecional do ar. No caso de sistema central de ar condicionado, o ar proveniente das unidades de isolamento não poderá, em qualquer hipótese, retornar ao sistema, devendo este ser completamente exaurido para o ambiente, após filtragem HEPA (ANVISA, 2003).

Considerando a contaminação do ambiente de isolamento, a vedação das janelas e a utilização do sistema de exaustão mecânica, ainda se faz recomendável à interligação com o gerador de energia de emergência, com capacidade compatível com a demanda, a ser acionado, automaticamente, quando da interrupção do fornecimento normal de energia elétrica.

As orientações da nota do Ministério da Saúde descrevem que as unidades de isolamento devem prever barreiras físicas, que restrinjam o acesso de pessoas não autorizadas. A implantação de uma antecâmara, com área mínima de 4,80m<sup>2</sup>, com dimensão mínima de 2,2m<sup>2</sup>, é recomendável para que esta premissa seja alcançada. Esta antecâmara deve servir como local para paramentação dos profissionais envolvidos no tratamento do paciente, devendo ser previsto mobiliário para guarda de EPI's e roupa limpa, depósito de roupa suja e lavatório com torneira acionada sem contato manual, quando do fechamento da água.

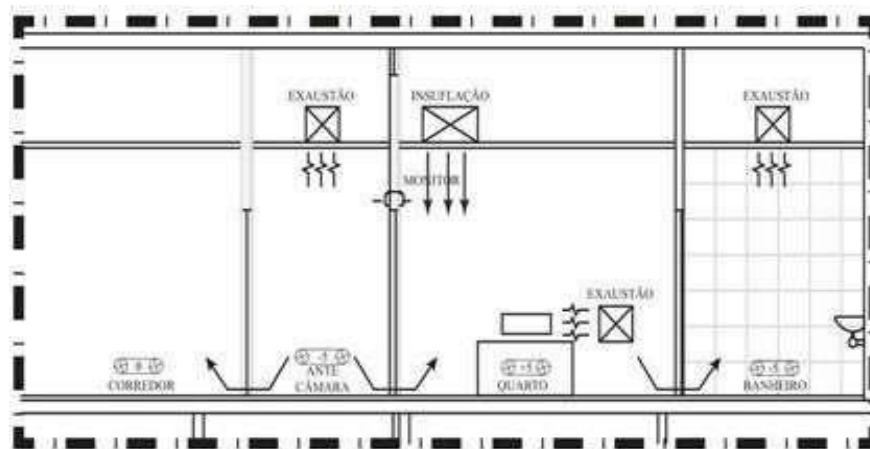
O quarto de isolamento, conforme estabelecido na RDC 50, deverá apresentar área mínima de 10m<sup>2</sup>, com um banheiro privativo, composto por lavatório, chuveiro e vaso sanitário, para uso exclusivo do paciente. Deverá ser previsto lavatório, com torneira acionada sem contato manual, quando do fechamento da água, dentro do quarto, próximo à saída, para uso dos profissionais de saúde envolvidos no

acompanhamento do paciente. A lavagem das mãos deve ser realizada antes da saída do quarto, onde é necessário se prever um recipiente para descarte das luvas.

É recomendável que seja locado apenas um leito em cada quarto. Sugere-se ainda a restrição de acesso a este ambiente e faz surgir à necessidade de instalação de uma antecâmara. Por se tratar de um ambiente contaminado, é recomendável que seja previsto um sistema de inter travamento das portas, um equipamento eletrônico que impossibilita a abertura da porta da antecâmara e do quarto de isolamento ao mesmo tempo, onde uma só é aberta quando a outra está fechada, evitando assim uma possível contaminação nos ambientes próximos (ANVISA, 2003).

O fluxo de ar deve ser idealmente laminar, com os difusores situados em uma parede oposta ao paciente, e a exaustão situada em uma parede perto do paciente, vide Figura 8. Onde o O ar “limpo” deve consequentemente ser introduzido no quarto, de modo que passe sobre o profissional antes do paciente infectado.

Figura 8 - Exemplo de quartos de precaução aérea ou ambiente de isolamento infeccioso no ar



**Fonte:** Adaptado do Guideline Infection Health-Care Facilities (CDC, 2003) e ABNT 7256 Anexo C.

No estado do Rio de Janeiro ainda existe a lei estadual n. 4192, de 01 de outubro de 2003, que dispõe sobre limpeza e inspeção de ar condicionado central. De acordo com o art. 1º é obrigatória a realização anual de limpeza geral nos aparelhos de ar condicionado e nos dutos de sistemas de ar refrigerado central, de todos os prédios públicos e comerciais do Estado do Rio de Janeiro.

## 2.5 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

Pode se dizer que a ventilação é a combinação de processos que resultam no fornecimento de ar externo, mas também como a retirada (exaustão) do ar viciado em uma pequena parcela dentro de um edifício.

### **2.5.1 Sistemas de condicionadores de ar**

Compreende-se por um conjunto de equipamentos eletromecânicos formado por: compressores, evaporadores, dampers, termostatos, tubulações, gás refrigerante, caixa de exaustão, filtros e outras partes capazes de realizar o controle de temperatura, de umidade, de movimentação e da pureza em um ambiente interno.

- Os sistemas de refrigeração podem ser desmembrados em duas modalidades de expansão: direta ou indireta para uma melhor compreensão (MORAES, 2006).

- Expansão indireta: o gás refrigerante resfria a água que circula pelo sistema, sendo esta responsável pelo resfriamento do ar. Como exemplo temos as centrais de água gelada.

- Expansão direta: o gás refrigerante é o responsável pelo resfriamento do ar injetado no ambiente; como exemplo temos os aparelhos de janela e os tipos split, não possuem renovação do ar.

No aparelho de ar condicionado tipo split, faz-se a instalação da unidade evaporadora no interior do ambiente, sendo fixada no forro ou em paredes. Para ligação das partes interna e externa, usa-se dutos. Contém um filtro de nylon que contribui para retirada de poeira e fumos - aerodispersóides - partículas sólidas com diâmetros inferiores a 10  $\mu\text{m}$ , chegando a 1,0 $\mu\text{m}$ , - do ar. Neste modelo não existe a troca de ar nos ambientes (MORAES, 2006).

O condicionador de ar de janela adaptável às janelas ou a vãos nas alvenarias possui um evaporador que fica no ambiente a ser refrigerado e um condensador em contato com o exterior para ceder o calor contido no fluido. Contém um filtro de nylon que contribui para retirada de poeira e fumos - aerodispersóides - partículas sólidas com diâmetros inferiores a 10 $\mu\text{m}$ , chegando a 1,0 $\mu\text{m}$ , - do ar. Neste modelo também não existe a troca de ar nos ambientes (Moraes, 2006).

### **2.5.2 Sistemas de expansão direta ou Sistema tipo fan-coil.**

Consiste em uma unidade tipo central com plenum (volume de ar colocado na pressão relativa por meio de um ventilador motorizado), e inclui uma unidade de refrigeração, um ventilador e uma tubulação para inserção e retirada do ar do ambiente climatizado conforme descrito na Figura 9. A unidade de resfriamento possui serpentinas por onde circula água fria, capaz de absorver o calor do ar que passa pelo sistema. Nesse sistema, é possível controlar a temperatura, umidade do ar, taxa de renovação e filtragem do ar. A capacidade destes equipamentos varia entre 20 a 220 TR para compressores alternativos e de 250 a 1000 TR para compressores centrífugos (BASTO, 2005).

Figura 9 - Esquema representativo do sistema de refrigeração do tipo fan-coil



Fonte: Adaptado da tese de mestrado QUADROS, (2009).

## 2.6 FILTRAÇÃO CONCEITOS GERAIS

O uso de filtros e a renovação do ar são os recursos usados para controle dos poluentes no ambiente, mas a existência de filtros não garante a limpeza do sistema e a boa qualidade do ar. A retenção de partículas de uma corrente gasosa por filtração é um dos métodos mais comuns utilizados na limpeza de gases, inclusive do ar, por sua alta eficiência de coleta (HINDS, 1999).

A filtração consiste no processo em que ocorre a passagem do aerossol através do meio filtrante e as partículas vão se depositando sobre a superfície do filtro. Isto

ocorre devido ao contato físico entre as partículas e o elemento coletor, sendo essenciais no decorrer do processo de filtração a velocidade superficial do gás; queda de pressão no filtro; concentração de pó e eficiência de coleta. As partículas retidas também podem modificar a forma geométrica do coletor, desta forma, produzindo modificações estruturais no filtro. Como consequência, eficiência e a queda de pressão no filtro tornam-se susceptíveis com o tempo, e o processo se torna transiente (BOULAUD e RENOUX apud SPURNY, 1998).

A filtração pode ser efetuada de duas maneiras: estacionária e não estacionária. Na primeira, a eficiência de colisão da partícula com a superfície coletora é única, isto é, uma vez que a partícula toca a fibra, ela permanece retida, e as novas partículas que se depositam não são influenciadas pelo processo anterior (BORTALASSI, 2019).

A eficiência de coleta e a queda de pressão do filtro independem do tempo e o processo é dito estacionário. Isto pode ocorrer nos estágios iniciais da filtração e a baixas concentrações de partículas que chegam no coletor. Na filtração não estacionária, as partículas, uma vez depositadas, formam uma torta acerca do filtro (BORTALASSI, 2019). A rigorosa necessidade de remoção de partículas de gases industriais e a proteção individual, principalmente quando o tamanho das partículas é reduzido, tem levado a uma maior atenção no desempenho de filtros fibrosos. Estes são relativamente baratos e de uso simples, podendo apresentar alta eficiência. Embora o desempenho destes tenha sido estudado por muitos anos, alguns comportamentos são pouco conhecidos (VAN OSDELL et al., 1990).

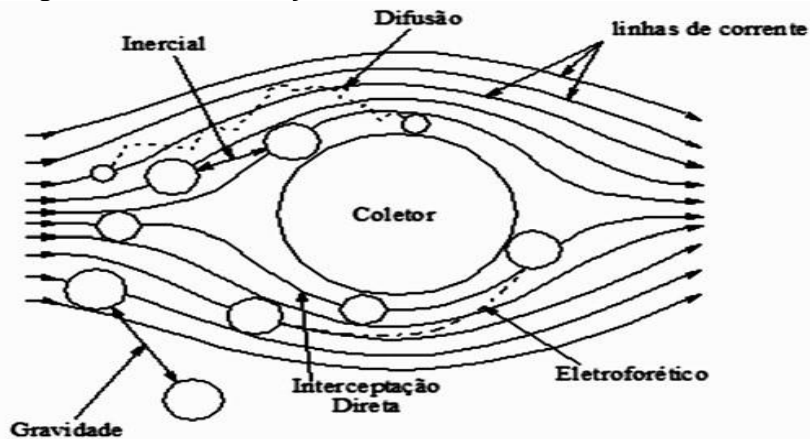
As características ideais para a construção de um filtro são: uma adequada remoção de partículas, ter: baixa resistência, vida longa, e pequeno volume, para ser competitivo, em custo inicial e durante seu uso, com outros métodos de remoção de aerossóis (DORMAN, 1974). Existem basicamente três tipos de arranjos de alvos coletores:

- Fibras individuais emaranhadas frouxamente dentro de um enchimento com material granular em leito fixo ou fluidizado;
- Fibras tecidas ou feltradas dentro de uma estrutura, sendo utilizada no formato cilíndrico (manga);

A principal limitação para a escolha do filtro está relacionada com a natureza de seu material constituinte. É necessário selecionar um material que apresente baixo custo e que tenha uma vida longa sob as condições predominantes de um dado

problema (CAVASENO, 1980), na figura 10 é descrito o mecanismo físico de coleta de um filtro, o gás carregado de partículas é forçado a passar através de um leito de coletores e a coleta se dá através de vários mecanismos (HINDS, 1982), BROWN, (1993), LEHTIMÄKI & WILLEKE apud WILLEKE & BARON (1993). Os principais são: difusional, inercial, interceptação direta, gravitacional e eletroforético.

Figura 10 - Descrição do Mecanismo Físicos de coleta



Fonte: Adaptado da revista Advance in Aerosol Filtration. SPURNY, (1998)

### 2.6.1 Descrição dos tipos de filtros mais usados nos sistemas de climatização

Os tipos de filtro de ar-condicionado mais conhecidos são a malha de nylon utilizada na maioria dos condicionadores de ar tipo “split” e dos modelos de janela mais modernos. Nos condicionadores tipo “split hi- wall”, também podem ser usados os filtros do tipo HEPA e carvão ativo, variando conforme o modelo e marca. Os filtros utilizados em ar-condicionado seguem as exigências estabelecidas pela norma ABNT 16.401/2008, sendo os principais tipos utilizados no Brasil:

- **O filtro em fio de nylon:** É o mais comum, está presente em todos os modelos disponíveis de comercialização, é composto por uma malha fina de fios de nylon que prendem as impurezas enquanto deixam o ar passar, está presente em outros sistemas de filtragem complementares;
- **Filtro de carvão ativado:** Construído com carcaça em chapa de aço Galvanizado, com módulo filtrante de carvão ativado, a sua finalidade consiste em eliminar os odores;

- **Filtro Plissados:** São feitos de fibra de vidro, sobrepostos em telas que podem ser mais ou menos espessas, dependendo da necessidade de filtração. Quanto mais grossa, maior o poder de filtração. Em alguns casos, uma camada de fios de carbono pode ser tecida junto à malha de fibra de vidro para absorver odores também;
- **Filtros eletrostáticos:** Também chamados de precipitador eletrostático, esse equipamento é utilizado em ambientes industriais que precisam de controle para a poluição. Os sistemas de ventilação e condicionamento de ar de instalações como fábricas jogam o ar para dentro desse filtro, funcionando com superfícies carregadas positivamente que atraem as cargas negativas das substâncias capturadas. Assim, a “sujeira” fica toda nas paredes no filtro, tornando mais fácil a limpeza e o correto descarte de poluentes como óxido de enxofre, alguns ácidos, resinas e alcatrão que se constituem nos principais produtos filtrados pelo precipitador eletrostático;
- **Filtro HEPA ou filtro absoluto:** Os filtros HEPA se caracterizam essencialmente por uma composição de fibras de vidro, com diâmetros e **espessuras** entre 0,5 e 2  $\mu\text{m}$ , dispostas aleatoriamente. O espaço entre as fibras é maior do que 0,3  $\mu\text{m}$  são projetados para reter as partículas com o referido diâmetro. A figura 11 demonstra o esquema do filtro HEPA, são utilizados na filtração de admissão, exaustão e recirculação de sistemas ventilação com as maiores demanda de ar limpo e esterilização.

Figura 11 - Foto ilustrativa de um filtro HEPA.



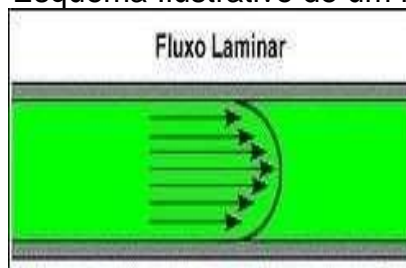
**Fonte:** Autoria própria, adaptado do catálogo de produtos fabricante Veco.

### 2.6.2 Fluxo Laminar

Segundo ÇENGEL (2015), o fluxo laminar pode ser classificado como um tipo de fluxo com várias camadas do fluido com um mínimo de agitação, que podem existir em fases distintas da matéria: os fluidos incluem os líquidos, os gases, os plasmas e, de certa maneira, os sólidos plásticos.

As diferentes secções do fluido se deslocam em planos paralelos, ou em círculos concêntricos coaxiais (quando num tubo cilíndrico), sem se misturar com outros elementos. Um fluxo laminar também pode ser definido como um fluxo em que o vetor velocidade é aproximadamente constante em cada ponto do fluido. Num fluxo laminar as linhas de corrente não se cruzam, as partículas movem-se de forma ordenada, mantendo sempre a mesma posição relativa, tal como descrito pela Figura 12.

Figura 12 - Esquema Ilustrativo de um Fluxo Laminar



Fonte: Autoria própria

Ainda em ÇENGEL (2015), o escoamento dito turbulento (algumas vezes regime turbilhonar), em contrapartida, é aquele que não segue uma linha de fluxo, aquele no qual as partículas apresentam movimento caótico macroscópico, isto é, a velocidade apresenta componentes transversais ao movimento geral do conjunto ao fluido, as partículas do fluido descrevem trajetórias que variam de instante a instante, conforme Figura 13.

Figura 13 - Esquema Ilustrativo de um fluxo turbulento



Fonte: Autoria própria

O fluxo laminar quando bem empregado e associado a outras técnicas pode contribuir de forma significativa na remoção dos patógenos dispersos no ar e garantir o a dispersão adequada dos contaminantes nos quartos de precaução aérea, centro cirúrgicos, unidades de tratamento intensivo, entre outros.

Os sistemas de fluxo laminar são também conhecidos como sistemas unidirecionais que funcionam com uma velocidade de movimentação do ar de aproximadamente 0,45 m/s (ASHRAE, 2003). Esta característica possibilita uma rápida remoção de todos os contaminantes gerados no ambiente. A movimentação do ar pode ser vertical ou horizontal. O sistema vertical apresenta a vantagem de ter ajuda da ação da gravidade, que auxilia na precipitação e remoção de grande quantidade de partículas, sendo por esta razão considerado um sistema de alta eficiência (TURPIN, 1995; PEREIRA & TRIBESS, 2004).

## 2.7 MOTIVAÇÃO DA PESQUISA

A motivação da pesquisa partiu da necessidade de se ampliar o conhecimento e informações técnicas sobre os sistemas de ventilação hospitalar com filtragem HEPA instalados em uma unidade hospitalar que trata de doenças infecciosas negligenciadas, referência em saúde pública. Uma vez que fui nomeado em portaria oficial do INI como fiscal de manutenção deste tipo de equipamento, com intuito de comprovar a eficácia no funcionamento dos sistemas de climatização. Além do fato mencionado acima, existia a necessidade institucional de investigar o elevado absenteísmos dos profissionais de saúde que trabalhavam no centro de internação hospitalar, afastados por doenças do trato respiratórios, segundo dados do Núcleo de Saúde do Trabalhador da instituição.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada na execução da pesquisa abrange duas abordagens diferentes, uma quantitativa e outra qualitativa. Embora distintas, essas abordagens são complementares, sua combinação tem por finalidade realizar um mapeamento das características e das percepções sobre o tema proposto, podendo ainda ser classificada como uma revisão bibliográfica, descritiva e exploratória.

Pode-se dizer também que a pesquisa é interdisciplinar, pois abrange áreas do conhecimento como: microbiologia, saúde e engenharias evidenciando a complexidade do tema. Para a realização do estudo, o projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas (INI) da Fundação Oswaldo Cruz, sendo posteriormente avaliado e aprovado o desenvolvimento do estudo (apêndice A).

#### 3.1 LOCAL DO ESTUDO

Neste capítulo são apresentados os materiais e os procedimentos utilizados para avaliar a concentração e identificação de bioaerossóis nos sistemas de ventilação hospitalar com filtragem HEPA nos quartos de isolamento aéreo pertencentes as enfermarias e centro de terapia intensiva do INI, localizado na cidade do Rio de Janeiro. Para uma melhor compreensão do ambiente de estudo, o mesmo foi dividido em duas partes, a saber:

As Enfermarias são compostas de 20 quartos de precaução aérea com aparelhos portáteis de filtragem HEPA, conhecidos como Unidade de Descontaminação. Sendo estas compostas por climatizadores individuais de ar condicionado (“tipo Split”). Cabe enfatizar que as enfermarias são dispostas ao longo de um corredor central de comunicação direta com o Posto de Enfermagem, compreendendo duas alas. Existindo assim em uma das alas, uma antecâmara coletiva instalada para suprir a necessidade de 04 quartos de precaução área, que são alvo dos estudos.

O CTI é composto por 04 leitos, onde o foco de estudo são os dois leitos de isolamento de precaução área, um com antecâmara e outro sem antecâmara, sendo

ambos compostos por um Sistema Climatização Central (tipo “Fan Coils”<sup>1</sup>) com filtragem HEPA, com diferentes pressões negativas em relação às áreas adjacentes.

O prédio principal, onde se localiza o centro de internação, é tombado pelo patrimônio histórico. Este prédio, hoje com 102 anos (o prédio foi inaugurado em 1918), foi construído para receber pacientes com doenças infectocontagiosas e naquele tempo já fora planejado para atender um adequado sistema de ventilação, mesmo sendo este natural (ver Figura 14).

Figura 14 - Vista externa do centro de internação do Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas (em destaque)



**Fonte:** Autoria própria

Ao longo de sua existência foram realizadas diversas obras internas de remodelação da arquitetura original, assim como diversas adaptações em relação ao tipo de ventilação, possuindo atualmente áreas com ventilação natural e climatizada, sendo esta última de diferentes qualidades, permitindo o estudo das mesmas.

---

<sup>1</sup> O Fan coil de Climatização é um equipamento utilizado em Projetos de Climatização, aquecimento e ventilação que utiliza ventiladores para Aquecer ou Resfriar um ambiente com a opção de dutos ou insuflamento direto. Assunto que será aprofundado no capítulo 2.

### 3.2 AMOSTRAGEM

Os dados do estudo foram obtidos a partir das coletas das amostras de ar nos sistemas climatizados de ar central e portáteis com filtragem HEPA (Unidade compacta de Descontaminação modelo UD-600, fabricante Veco), pertencentes as enfermarias e ao centro de terapia intensiva (CTI) do INI.

A pesquisa foi conduzida por um período de oito meses, de março a outubro do ano de 2019, a partir da coleta de amostras de ar com intuito de avaliar a concentração de bioaerossóis nos ambientes, através da amostragem ativa, utilizando-se um impactador em meio sólido com meios de cultura seletivos para agentes biológicos.

Ambientes (Figura 15) foram pré-selecionados de forma aleatória juntamente com os todos os pacientes internados. Às coletas de ar compreenderam o período antes e depois da manutenção preventiva programada, nos diferentes sistemas de ventilação, totalizando 240 pontos de coleta, onde posteriormente o material coletado foi processado em laboratório.

Figura 15 - Vista interna de um quarto de precaução aérea, enfermaria do INI



Fonte: Autoria própria.

A título de registros das informações coletadas na pesquisa foi criado uma lista de verificações (modelo no Apêndice B) que continham as perguntas descritas a seguir: tipo de leito hospitalar, tipo de condicionador de ar, capacidade de refrigeração instalada, renovação de ar, estado de conservação dos equipamentos, temperatura do ambiente, umidade relativa, sistemas de detecção de pressão negativa, existência de rotinas de manutenção (com limpeza e substituição de pré-filtro, entre outros), estanqueidade dos ambientes de precaução aérea, presença de antecâmara e existência de banheiros nos quartos de isolamento.

Coletas das amostras de ar foram delineadas conforme o descritivo a seguir: na parte interna do leito de precaução aérea, antecâmara, duto externo de saída do ar (exaustão). Na parte interna dos quartos de isolamento, o ar foi coletado na proximidade da cabeceira da cama do paciente internado a uma distância estimada do paciente de 1,5 metros da cabeceira.

Mesmo sabendo que a sua vazão é diferente daquela preconizada pela legislação vigente (28,3L/min) que utiliza o Amostrador de Andersen como referência, as amostragens foram analisadas por meio de método ativo por impactação, utilizando o equipamento MAS-100 do fabricante Merck com vazão comercial de (100L/min), ver figura 16. Segundo NUNES (2005), em seu estudo comparativo entre os equipamentos, as diferenças existentes de vazão não interferem na coleta de ar, uma vez que os equipamentos de coleta de ar possuem características de construção tecnológicas distintas.

Figura 16 - Amostrador de ar de um estágio modelo Mas-100 fabricante Merck

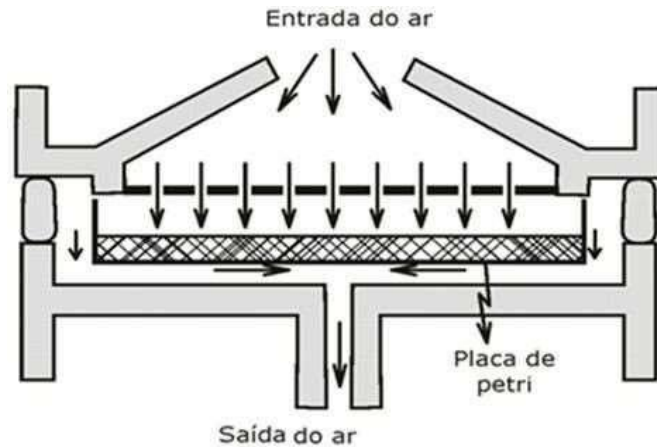


Fonte: Autoria própria

Seu funcionamento consiste no fluxo de ar coletado passando por uma superfície composta de orifícios de diâmetro pré-determinado, que servem para impedir que partículas de diâmetros maiores cheguem ao meio, contaminando o, e para que a velocidade de escoamento do ar aumente e ao se deparar com a placa, as

moléculas gasosas do ar se desviem, mas os microrganismos, devido a maior massa e ao efeito da inércia, não se desviem e se choquem com o meio. A figura 17 apresenta o esquema de um impactador em corte.

Figura 17 - Ilustração de um impactador em corte.



Fonte: Adaptado da tese de doutorado de Nunes, (2005).

A temperatura, umidade relativa e a velocidade foram aferidas utilizando o equipamento denominado anemômetro, marca AIRFLOW, modelo TA45. Os dados foram medidos em intervalos de 0,5 segundos durante 1 minuto, além das recomendações das normas 1,50 m do chão entre outros. Cabe enfatizar que o equipamento se encontrava devidamente rastreado pela Rede Brasileira de Calibração durante todo o período da pesquisa.

### 3.3 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

A técnica de impactação ativa utilizada foi a de sedimentação ativa nas placas de Petri, através do uso do equipamento amostrador de ar, ajustado para uma vazão de 500 litros a cada cinco minutos por ponto de coleta, utilizando-se de uma placa de Petri contendo os meios de cultura apropriados para o cultivo de microbactérias, bactérias e fungos. Estas placas foram identificadas com local e número da amostra. Os meios de cultura utilizados foram:

- a) **Ágar Sabouraud:** meio de cultura utilizado para o crescimento e análise quantitativa de fungos, recomendado pela Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2003), norma brasileira atual para ambientes climatizados artificialmente, uma das diretrizes deste trabalho;
- b) **Ágar TSA Sanguê de Carneiro:** meio de cultura utilizado para o

crescimento e análise quantitativa de bactérias, indicado para auditorias periódicas da QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE, da Agência Portuguesa do Ambiente (N. T. SCE- 02, 2009), que também foi uma diretriz seguida, já que o Brasil não apresenta legislação própria para bactérias no ar;

c) **CHROMagar™ KPC**: meio de cultura cromogênico seletivo utilizado para análise qualitativa de bactérias, de fácil uso, já que se baseia na identificação dos microrganismos de acordo com a cor com que estes se apresentam no meio devido a suas propriedades enzimáticas específicas (SAMRA et al., 2008), sendo o azul metálico indicador dos grupos.

### 3.4 COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS.

As placas com os meios de cultura utilizados em cada dia de amostragem foram etiquetadas e levadas a campo em caixas térmicas com bolsas de gelo reutilizáveis, sendo mantidas na faixa de temperatura de 3 °C a 15 °C para conservação dos meios, como recomendado pelo fabricante. Antes de cada coleta, o amostrador foi desmontado e todo seu interior esterilizado com álcool 70%. Após esse procedimento as placas com meio foram retiradas da caixa térmica e colocadas no equipamento.

O amostrador foi ajustado para a faixa de vazão de 100L/min e um intervalo de tempo total de 5 minutos, em todos os meios de cultura utilizados na pesquisa. Os dados relativos ao ambiente analisado foram coletados em protocolo específico, como tipo de ambiente; tipo de sistema de ventilação; data e hora da amostragem; número de pessoas no ambiente (pacientes, profissionais e visitantes), temperatura e umidade do ar local; condições climáticas externas; procedimentos realizados no momento da coleta como limpeza ambiental e troca de roupas de cama; bem como hora em que esses procedimentos foram realizados previamente a coleta, (ver figura 18).

Figura 18 - Registro da coleta da amostra de ar em um dos leitos de precaução aérea



Fonte: Autoria própria

Após a coleta da amostragem de ar, os meios de cultura eram devolvidos à caixa térmica, de forma a manter a temperatura baixa e mais estável que a ambiente, preservando o meio de cultura e os organismos agora nele presentes. Ao final de cada amostragem esterilizou-se novamente o amostrador com álcool 70%. Em todas as amostragens as manipulações dos meios foram realizadas utilizando-se luvas e máscara, a fim de se minimizar potenciais contaminações do meio de cultura pelo amostrador.

Ao final de cada dia de amostragem de campo, as amostras foram encaminhadas para o laboratório onde foram incubadas separadamente em duas estufas microbiológicas distintas. Foram usadas as instalações do Instituto de Microbiologia Paulo de Góes da Universidade Federal do Rio de Janeiro, mais precisamente o Laboratório de Microbactérias.

### 3.5 PADRÕES DAS TÉCNICAS DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS.

As técnicas de análises laboratoriais seguiram os padrões dos trabalhos das pesquisadoras NUNES (2005) e QUADROS (2008) nas suas respectivas teses: Qualidade Microbiológica do Ar em Ambientes Internos Climatizados e Qualidade do Ar em Ambientes internos Hospitalares: Parâmetros Físico- Químico e

Microbiológicos, uma vez que estes trabalhos foram comprovadamente validados e homologados.

### 3.6 MEIOS DE CULTURA

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

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

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

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

### 3.7 ANÁLISE LABORATORIAL DO AR

#### **Fungos filamentosos**

As placas de Petri com meio de cultura expostas ao ar, seja pelo método ativo ou passivo, foram analisadas da mesma maneira. As placas com meio para

crescimento de fungos foram incubadas durante 2 a 3 dias à temperatura de 25°C. Após o período de incubação, procedeu-se à contagem das colônias em cada placa utilizando-se lupa binocular (3X a 30X), efetuando-se duas contagens: a de fungos filamentosos e a de colônias de aparência cremosa (possivelmente leveduras).

Em cada placa, foram selecionadas colônias de fungos filamentosos com aparências macroscópicas diferentes para isolamento. Tais colônias foram repicadas para meio de cultura sólido inclinado, de mesma composição, em tubos contendo 10mL. Após o crescimento da cultura (2 a 3 dias), os tubos foram armazenados em geladeira ( $\pm 4^{\circ}\text{C}$ ).

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

As placas de fungos foram incubadas durante 3 dias antes de se proceder a contagem das colônias, que foram expressas em unidades formadoras de colônias por metro cúbico (UFC/m<sup>3</sup>) de ar. Depois de isolados, os fungos filamentosos foram submetidos à técnica de micro cultivo, para permitir uma melhor observação de suas estruturas reprodutivas e, assim, poder identificá-los (MOBIN e SALMITO, 2006; SILVA FILHO e OLIVEIRA, 2007), esse procedimento consistiu na inoculação do fungo sobre uma pequena quantidade de meio de cultura sólido (aproximadamente 0,1 ml) colocado na superfície de uma lâmina de vidro para microscopia, previamente esterilizada. Após a inoculação, o meio de cultura era coberto por uma lamínula, também esterilizada, e o sistema era depositado sobre uma folha de papel de filtro estéril umidificada, no interior de uma placa de Petri estéril. O conjunto foi, então, incubado, em incubadora tipo BOD, à temperatura de  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Assim, foi possível observar toda a cultura em microscopia óptica, sem alterar a integridade das estruturas do fungo.

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

O material observado foi comparado com descrições disponíveis na literatura especializada das estruturas reprodutivas ou outras estruturas fúngicas

características (como clamidósporos), características da hifa (presença ou ausência de septos) e da colônia (formato e textura da colônia, coloração da hifa, dos esporos e da parte inferior da colônia) (KENDRICK, 1979; WEBSTER, 1985; ALEXOPOULOS, MIMS e BLACKWELL, 1996; KONEMAN et al., 1997; KENDRICK, 2000; BENNY, 2008; FUNGAL RESEARCH TRUST, 2008).

### 3.8 BACTÉRIAS

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

**$\alpha$ -hemolíticas:** aquelas que promovem a formação de uma zona de aparência esverdeada ou marrom ao redor da colônia, proveniente da descoloração e perda de potássio por parte das hemácias;

**$\beta$ -hemolíticas:** promovem a hemólise completa dos eritrócitos, levando ao aparecimento de uma zona transparente no meio de cultura no redor da colônia;

**$\gamma$ -hemolíticas:** são aquelas bactérias que não provocam hemólise.

Posteriormente, algumas colônias com aparência distinta foram selecionadas e repicadas para novas placas com meio de cultura de mesma composição. Após o crescimento, as culturas foram armazenadas em geladeira. Para visualização das bactérias sob microscopia óptica, os isolados bacterianos foram submetidos à técnica de coloração de Gram. Para isso, foi feito o esfregaço em uma lâmina de vidro transferindo-se, com o auxílio de uma alça de platina esterilizada, uma pequena porção da colônia para uma gota de água destilada colocada no centro da lâmina. Em seguida, espalhou-se essa suspensão numa área maior e deixou-se secar em

temperatura ambiente. Após secagem, procedeu-se à fixação do esfregaço, passando-se o lado oposto da lâmina, três a quatro vezes na chama do bico de Bunsen. Essas preparações foram, então, coradas pelo método de coloração diferencial de Gram (método de coloração foi desenvolvido em 1884 e é um dos procedimentos de coloração mais úteis e comumente aplicados para identificação das bactérias).

A cor das células bacterianas, depois de coradas pelo método, permite classificar as bactérias em dois grandes grupos: gram-positivas e gram-negativas (TORTORA, FUNKE E CASE, 2005). A coloração de Gram é mais consistente quando usada em bactérias jovens, em crescimento. Assim, todas as lâminas foram preparadas e coradas após 24 horas de incubação da cultura.

### 3.9 FERRAMENTA PARA OS CÁLCULOS ESTÁTISTICOS

A ferramenta utilizada para fins dos cálculos estatísticos da pesquisa foi o Excel utilizado como base para o banco de dados. Sendo possível inserir informações, adicionar os dados a partir de uma planilha e com a disposição das mesmas funções de um banco de dados: organização dos dados numéricos ou textuais em planilhas e pastas de trabalho, consultar, buscar, ordenar, filtrar, calcular, confecção dos gráficos, análise complexa de dados, entre outros.

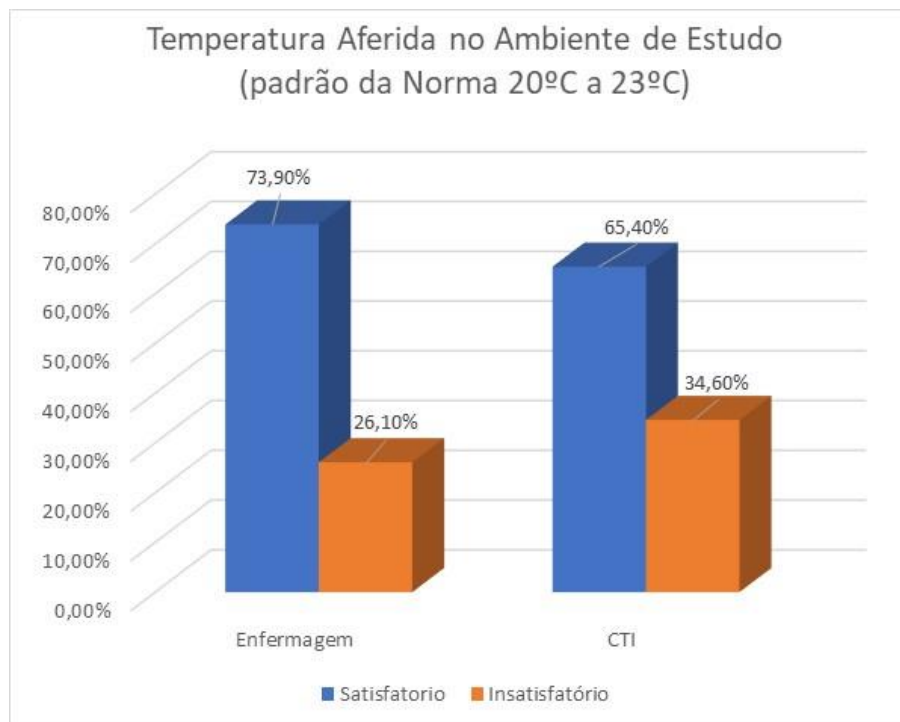
## 4 RESULTADOS

Os resultados foram agrupados considerando os parâmetros de medição, para facilitar a sua visualização e a discussão, permitindo uma comparação entre os ambientes estudados: 04 (quatro) leitos de enfermarias de isolamento de precaução aérea com a presença de antecâmara e 04 (quatro) leitos de enfermaria de precaução aérea sem o dispositivo da antecâmara, a mesma analogia foi adotada para os quartos de isolamento aéreo do CTI, sendo o único diferencial o quantitativo de quartos que foram 02 (dois).

### 4.1 RESULTADO DAS AMOSTRAS DE TEMPERATURA NOS AMBIENTES DE ESTUDO.

As médias das temperaturas nos ambientes de estudo são apresentadas na Figura 19. Em percentuais de 73,9% nas Enfermarias e 65,4% no CTI, oscilavam dentro da faixa de temperatura estabelecida pela norma vigente, de 20 °C a 23°C. Em 26,1% e 34,6% respectivamente a temperatura oscilava de forma insatisfatória.

Figura 19 - Gráfico da Média de Temperatura aferida no ambiente de estudo

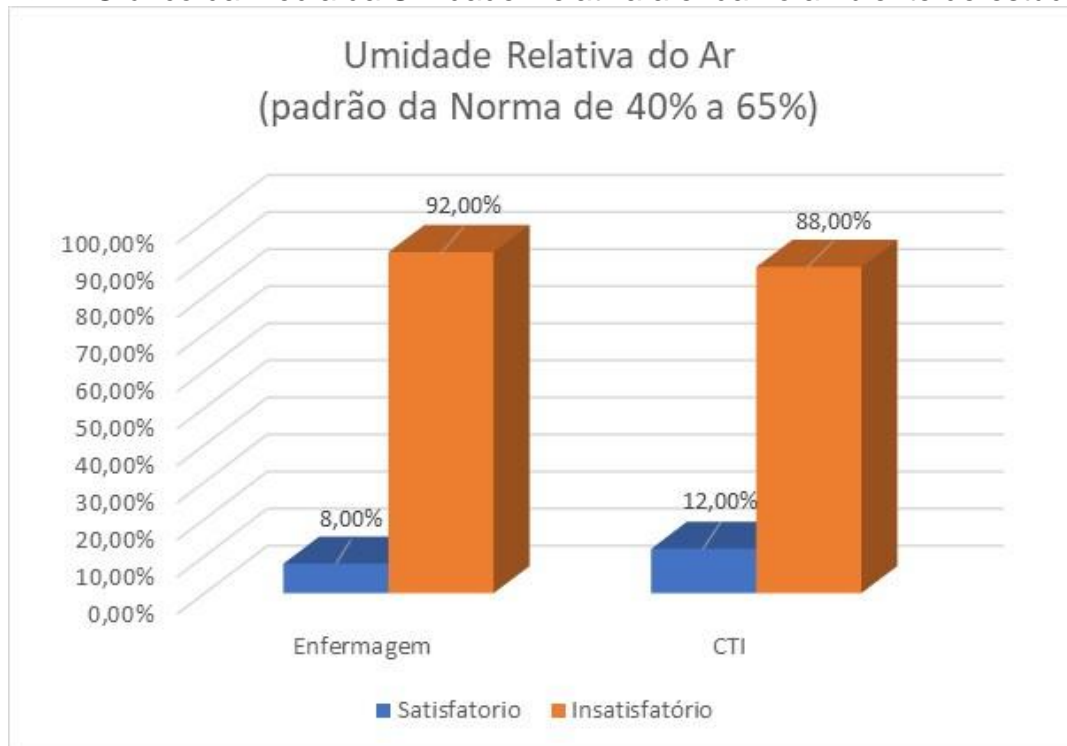


Fonte: Autoria própria

#### 4.2 RESULTADO DAS AMOSTRAS DE UMIDADE RELATIVA NOS AMBIENTES DE ESTUDO

No que diz respeito à média da umidade relativa do ar nos ambientes de estudo (Enfermarias e CTI) 88% e 92 % respectivamente operavam fora da faixa recomendada pela resolução RE nº 9 da ANVISA, de 40% a 65%, representado na Figura 20.

Figura 20 - Gráfico da média da Umidade Relativa aferida no ambiente de estudo

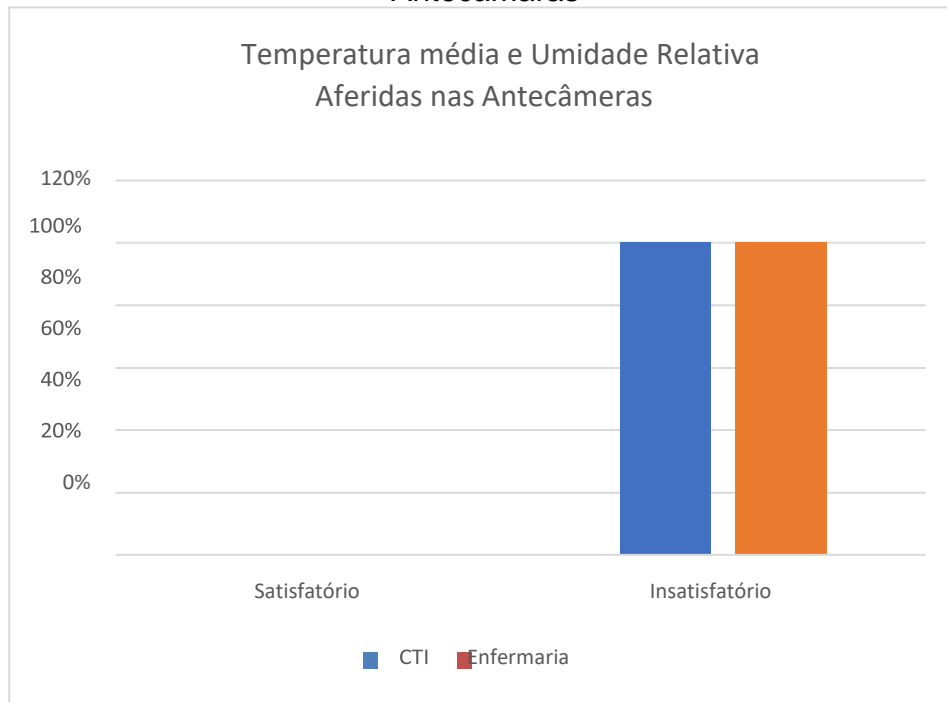


Fonte: Autoria Própria

#### 4.3 RESULTADO DAS AMOSTRAS DE TEMPERATURAS E UMIDADE RELATIVA DAS ANTECÂMARAS.

No ambiente denominado “Antecâmara” também foram realizadas as aferições de temperatura e umidade relativa, coube um destaque diferenciado em um único gráfico, condensando os resultados descritos na Figura 22. As médias das temperaturas e umidade relativa encontravam-se fora dos padrões sugeridos pela resolução, 100% insatisfatórios para ambos os casos.

Figura 21 - Gráfico da média Temperatura e Umidade Relativa aferidas nas Antecâmaras

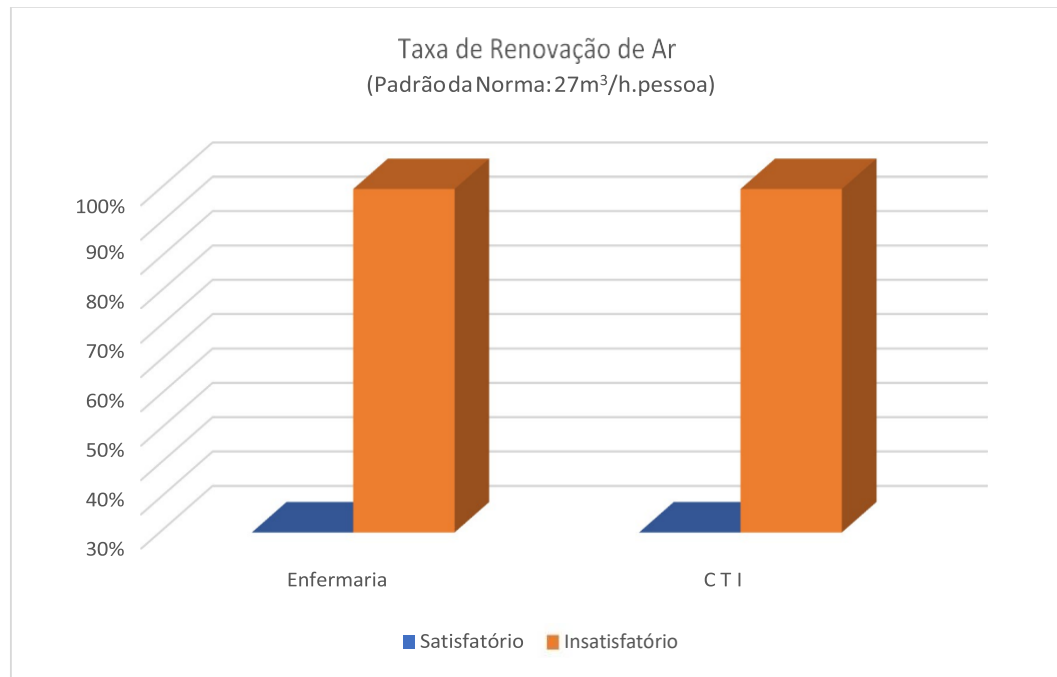


Fonte: Autoria Própria

#### 4.4 RESULTADO DAS TAXAS DE RENOVAÇÃO DO AR.

Em relação a taxa de renovação de ar nos ambientes sugerida pela resolução RE nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003) de a 27m<sup>3</sup>/h pessoa, observou-se que as taxas medida foram inferiores ao estabelecido por norma, pois em 100 % dos leitos de isolamento de precaução aérea das enfermarias e CTI, não existia a renovação do ar. Este dado confirma que os sistemas de climatização dos ambientes estudados não estavam operando de forma satisfatória em relação a sua renovação de ar no ambiente, vide Figura 22.

Figura 22 - Gráfico da média da taxa de renovação de ar nos ambientes de estudo



**Fonte:** Autoria Própria

#### 4.5 RESULTADO DA PRESSÃO NEGATIVA NOS AMBIENTES DE ESTUDO

Após uma averiguação técnica detalhada nos sistemas de climatização nos quartos de precaução aérea das Enfermarias e CTI foram constatados a ineficiência no sistema de monitoramento da pressão negativa nos quartos e afins, conforme Figura 23, uma vez que os quartos não possuíam estanqueidade nas janelas e portas, insufladores de ar filtrado, transdutores de pressão juntamente com os manômetros responsáveis em medir a pressão nos quartos de enfermaria, entre outros.

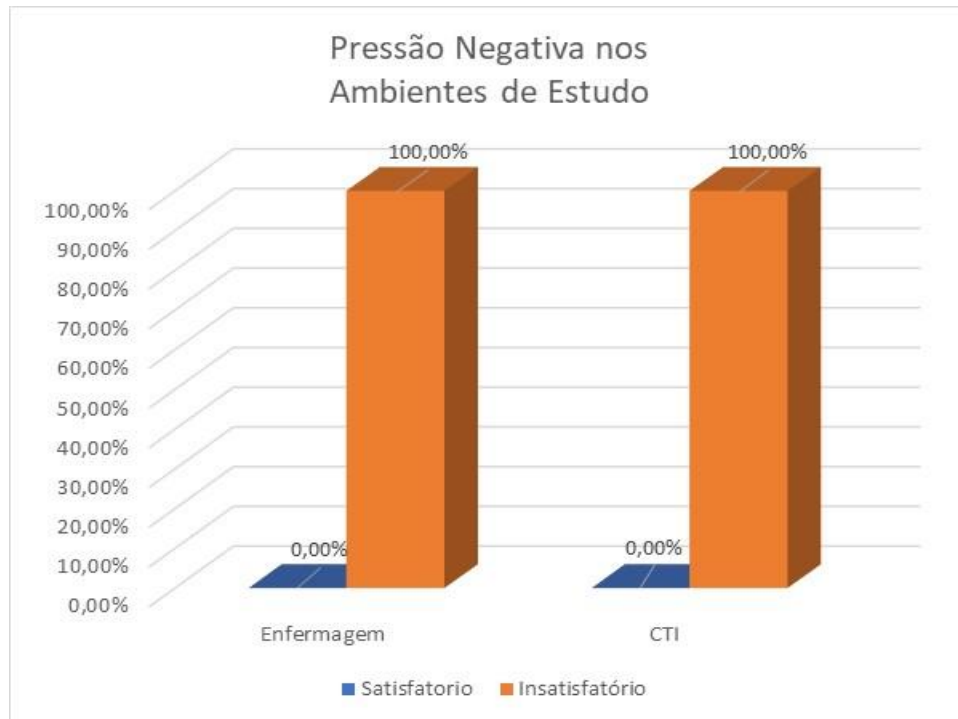
Figura 23 - Foto do manômetro inoperante do leito de precaução aérea do CTI



**Fonte:** Autoria própria

Sendo a única exceção o manômetro de pressão de um quarto de precaução aérea do CTI, compete realçar que o equipamento permaneceu inoperante durante todo o período de realização da pesquisa conforme registro da Figura 24.

Figura 24 - Gráfico da média das pressões negativas registradas nos quartos de precaução aérea do CTI e Enfermarias.



Fonte: Autoria própria

#### 4.6 RESULTADO DAS CONCENTRAÇÕES TOTAIS DE BIOAEROSSÓIS

No quadro 4 são apresentados os dados quantitativos relativos às amostragens ativa por impactação de ar realizadas nos locais pré-selecionados da pesquisa, descrevendo os valores da média da concentração de fungos e bactérias para cada ambiente. A distribuição da quantidade dos resultados foram obtidos em classes de 100 unidades formadoras de colônia (UFC), sendo esta uma unidade de medida sugerida pela resolução.

Quadro 4 Concentração média de bioaerossóis no ambiente de estudo.

Meses / 2019	Local	concentração média [UFC/m3]		
		Fungos (ASD) *	Bactérias (ASC) *	Total (ASD + ASC)
Março	CTI	805	332	1127
	Enfermaria	960	540	1480
Abril	CTI	840	277	1117
	Enfermaria	1076	484	1560
Maio	CTI	790	260	1050
	Enfermaria	1320	462	1782
Junho	CTI	980	333	1313
	Enfermaria	1470	485	1955
Julho	CTI	850	280	1130
	Enfermaria	1160	382	1542
Agosto	CTI	1208	398	1606
	Enfermaria	1430	572	2002
Setembro	CTI	1390	458	1848
	Enfermaria	1670	551	2221
Outubro	CTI	870	295	1165
	Enfermaria	1470	485	1955

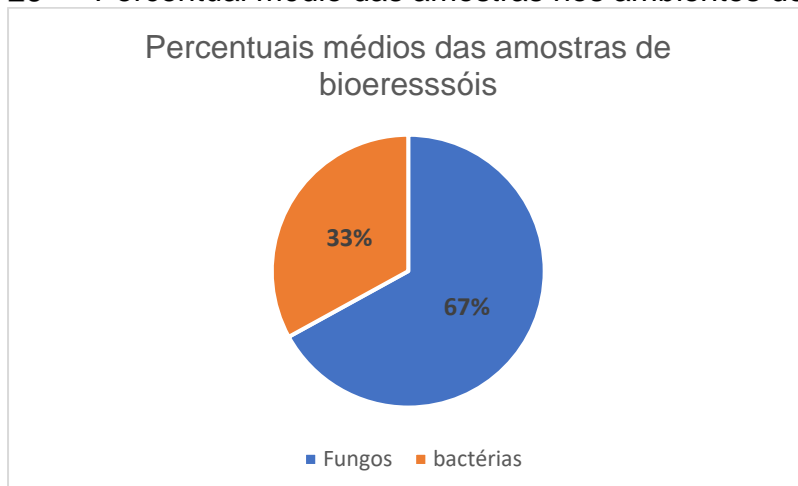
\*ASD: amostras coletadas com ágar Sabouraud Dextrose, contando-se somente os fungos filamentosos; ASC: amostras coletadas com ágar Sangue de Carneiro, contando-se somente as colônias de bactérias.

Fonte: Autoria própria

#### 4.7 RESULTADO PERCENTUAL DAS AMOSTRAS DE BIOSARESSÓIS

Na figura 25 são apresentados os dados qualitativos referente a média percentual das das amostras de ar coletadas nos ambientes de estudo, relativos à identificação dos fungos e bactérias. Foram detectados 67% de fungos e 33% de bactérias.

Figura 25 - Percentual médio das amostras nos ambientes de estudo



Fonte: Autoria própria

#### 4.8 RESULTADO DAS CONCENTRAÇÕES TOTAIS DE FUNGOS NO AR

No quadro 5 são apresentados os dados qualitativos relativos à identificação dos fungos em relação ao seu gênero e o percentual médio das amostras coletadas no ambiente de estudo.

Quadro 5 Identificação de fungos do gênero *Aspergillus* e sua classificação

<b>Principais fungos identificados do tipo <i>Aspergillus</i></b>	
<b>Subcategorias</b>	100 % (total)
<i>Aspergillus caesiellus</i>	5%
<i>Aspergillus carneous</i>	7%
<i>Aspergillus clavatus</i>	3%
<i>Aspergillus flavus</i>	17%
<i>Aspergillus fumigatus</i>	22%
<i>Aspergillus niger</i>	3%
<i>Aspergillus terrus</i>	3%
<i>Aspergillus tamaritii</i>	3%
<i>Aspergillus sydowii</i>	4%

Fonte: Autoria própria

#### 4.9 RESULTADO DAS CONCENTRAÇÕES DE BACTÉRIAS NO AR

No quadro 6 são apresentados os dados qualitativos relativos à identificação dos tipos de bactérias no percentual médio das amostras coletadas no ambiente de estudo. Principais bactérias heterotróficas identificadas:

Quadro 6 Identificação da categoria de bactérias

<b>Principais bactérias identificadas</b>	
<b>Categorias</b>	100 %(total)
<i>Staphylococcus aureus</i>	24,3%
<i>Serratia marcescens</i>	11,6 %
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	8,9%
<i>Legionella pneumophila</i>	55,2%

Fonte: Autoria própria

#### 4.10 RESULTADO DA AVALIAÇÃO FÍSICA DAS INSTALAÇÕES FÍSICAS DOS AMBIENTES.

Mediante as observações registradas durante as coletas das amostras de ar foram identificados e registradas em formulário próprio em anexo, uma série de não conformidades referentes aos sistemas de climatização com filtragem HEPA e concomitantemente nas instalações físicas no ambiente de pesquisa, que podem ter contribuído de forma significativa para os resultado da ineficiência dos filtros HEPAs neste ambiente de estudo como:

Ausência de estanqueidade de portas e janelas, conforme a Figura 26;

Figura 26 - Ausência de estanqueidade nos leitos de precaução aérea, devido a abertura da janela



Fonte: Autoria própria

Deterioração física das instalações sendo detectado a presença de fungos nas paredes dos leitos precaução aérea registro na Figura 27, de forma visual e posteriormente constatado laboratorialmente, ausência no funcionamento das antecâmaras, uma vez que as mesmas auxiliariam o funcionamento correto dos equipamentos portáteis de descontaminação do ar. Leitos que possuíam as antecâmaras os insufladores estavam inoperantes impedindo o insuflamento de ar no respectivo local, manutenção precária dos equipamentos portáteis tipo “Split” (equipamento não recomendado para uso em leitos hospitalares de precaução aéreas segundo as normas vigentes) filtros e evaporadores saturados com sujidade de poeira e afins.

Figura 27 - Parede do Leito de precaução aérea com deterioração física nas instalações e presença de fungos



Fonte: Autoria própria

Em relação ao no Sistema de Climatização Central tipo “fan coil” pertencente ao Centro de Terapia Intensiva a realidade era bem similar com: manômetros e transdutores de pressão inoperantes, filtros HEPA saturados, dampers com seu mecanismo de abertura e fechamento inutilizados, dutos de insufladores inativados, grelhas quebradas e ausência de pressão negativa ou seja o Instituto não cumpria e disponibilizava as exigências do Plano de Manutenção, Operação e Controle – PMOC regulamentados por lei.

Os resultados do estudos realizado evidencia os fatores que contribuem para a qualidade do ar interno no Brasil, associaram essa qualidade à saúde humana, identificando os possíveis agentes causadores de agravos à saúde, principalmente de pacientes acometidos por doenças respiratórias e enfatizando a necessidade de indicadores para serem usados na prevenção, controle e promoção da saúde nesses ambientes, conforme Figura 28.

Figura 28 - Fatores que contribuem para a qualidade do ar interno.



Fonte: Autoria própria adaptado de ANVISA

O encontro destas diferentes espécies de microrganismo no ar nos leitos em estudo no hospital, pode estar relacionado não somente à facilidade com que estes microrganismos instalam-se, mas também a existência de sistemas de ventilação pouco eficazes no que diz respeito à capacidade de filtração de partículas, como no caso dos condicionadores de ar tipo “Split” instalados nos leitos das enfermarias, posicionamento inadequados do “layout” dos leitos (equipamentos com filtragem HEPA e pacientes), número de trocas de ar e pressão inexistentes. Onde a instalação de novos sistemas mais eficientes e apropriados no suprimento de ar “limpo”, com uma quantidade mínima

## 5 DISCUSSÃO

Uma das intenções deste trabalho foi avaliar a eficiência microbiológicas nos sistemas de climatização com filtragem Hepa nas Enfermarias e CTI do INI pré-selecionados da pesquisa, correlacionando com fatores externos e internos que poderiam contribuir de uma forma direta no resultado da pesquisa com as aferições: de temperatura, umidade relativa, pressão negativa, taxa de renovação de ar, condições das instalações físicas, concentração de bioaerossóis, revestimentos (pisos e tetos), esquadrias, acesso, manutenção e limpeza.

As médias das temperaturas registradas das Enfermarias e CTI atenderam de forma parcial aos requisitos da RE nº 9 da ANVISA. Cabe ressaltar que este é um fator determinante no conforto térmico dos usuários de uma edificação. Faz-se necessário enfatizar a existência de indícios de uma manutenção precária nos sistemas de climatização dos quartos de isolamento.

No que diz respeito à média da umidade relativa do ar nos ambientes de estudo (Enfermarias e CTI,) em quase sua totalidade operavam fora da faixa recomendada pela resolução RE nº 9 da ANVISA, sendo este um dos demais fatores determinantes no conforto térmico dos usuários de uma edificação.

Em relação ambiente denominado “Antecâmara” também foram realizadas as aferições de temperatura e umidade relativa, ambas estavam fora dos padrões sugeridos pela resolução, 100% insatisfatórios para ambos os casos. É importante salientar que os equipamentos de climatização destes locais estavam inoperantes durante todo o período de realização da pesquisa.

Ao medir a taxa de renovação de ar nos leitos de isolamento aéreo, partir das dimensões dos quartos através do volume cúbico de ar versus equipamentos de descontaminação com filtragem Hepa existentes, observou-se que os valores estavam abaixo do recomendado pela resolução RE nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003), e pela American Society of Heating Refrigeration and air conditioning engineers (ASHRAE), pelo Centro de Controle de Doenças (CDC) e pela Associação Americana de Hospitais, dos Estados Unidos, no qual indicam 27 trocas de ar por hora com 20% de renovação do ar. O correto grau de troca do ar ambiente de ambientes hospitalares é fundamental para garantir que não ocorra acúmulo de possíveis contaminantes do ar de interiores, que poderiam prejudicar não somente a saúde do paciente, mas também da equipe de profissionais da saúde.

As baixas velocidades do ar (por exemplo: sob 2.25 m/s) devem ser empregadas a fim de impedir que os aerossóis entrem no fluxo de ar, determinando contaminação ou dispersão aérea. Além disso, os filtros de barreira podem impedir a propagação de patógenos, tanto quanto podem estar implicados na propagação e transporte de microrganismos por via aérea (SILVA, 2008).

Nas Figura 25 e no quadro 4 os resultados obtidos demonstram uma média na frequência da concentração e porcentagem de fungos e bactérias coletadas no ambiente de estudo durante o período de realização da pesquisa. Oscilaram em uma média de 960 UFC/m<sup>3</sup> (67%), bactérias 339 UFC/m<sup>3</sup> (33%), sendo este um indicador da ineficiência dos sistemas de ventilação hospitalar do INI com filtragem, ou seja inadequada para o seu propósito de uso, foi evidenciado ainda a presença de agentes patógenos presente no ar na coleta nos níveis quantitativo e qualitativo, verificou-se que as amostras internas foram registradas concentrações acima do máximo de referência, 750 UFC/m<sup>3</sup> da norma vigente (quadro 2), destacando-se que, não apenas os ambientes internos obtiveram valores altos, mas também os externos.

Este resultado confirmou que o sistema de ventilação com filtragem HEPA dos ambientes estudados, encontravam-se operando de maneira inapropriada em relação à sua vazão, inexistência de pressão negativa nos quartos, manutenção nos sistemas de ventilação precárias. Sendo identificado em um dos leitos do CTI um “curto circuito de ar”, onde o fluxo de ar admitido no ambiente de estudo era removido diretamente para o ambiente externo, sem a remoção dos contaminantes, devido a um posicionamento inadequado dos difusores de entrada e saída de ar contrariando a resolução da nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003).

No quadro 4 representa a concentração de fungos e bactérias encontrava-se superior ao valor considerado limítrofe recomendado pela resolução RE nº 9 da ANVISA, bem como a outros países. Por outro lado, um fato que chamou bastante atenção foi a grande variação nas concentrações fúngicas durante a realização de toda a pesquisa. Tentou-se correlacionar os valores encontrados de fungos e bactérias com a temperatura e a umidade relativa, que por vezes podem causar mudanças nas concentrações (HYVARINEN et al., 2001; FRANKEL et al., 2012; BOFF, 2011), mas essas variáveis ambientais sozinhas não explicaram a variação das concentrações dos bioaerossóis, devido a sua baixa amplitude de variação em comparação a grande amplitude que se observou para fungos. Uma possível explicação a esse fenômeno observado é a presença intensa de massas de ar quente

e grande umidade relativa no ambiente.

Vale ressaltar que a baixa concentração de microrganismos no ar não indica necessariamente que o ambiente está livre de agentes biológicos, e saudável, deve-se considerar o potencial patogênico das espécies que se encontrem presentes. No quadro 7 observa-se um quadro comparativo das agências reguladoras e artigos acadêmicos e seus respectivos valores recomendados no mundo a título de comparação aceitáveis. Em ambientes climatizados, a Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Conselho Nacional de Pesquisas Canadense (National Research Council Canada - NRCC) consideram aceitáveis concentrações de fungos de até 500 UFC/m<sup>3</sup> de ar.

O NRCC define que tal concentração deve ser aceita se corresponder a Cladosporium ou outros tipos de fungos anemófilos comuns e também considera que para concentrações maiores do que 50 UFC/m<sup>3</sup> de uma única espécie, uma investigação imediata deve ser realizada, e que níveis de até 150 UFC/m<sup>3</sup> são aceitáveis, desde que correspondam a uma mistura de espécies, porém no entanto, não há conhecimento dos efeitos deletérios nos pacientes internados expostos a esses microrganismos.

Quadro 7 Comparativo de parâmetros das agências regulatórias e artigos acadêmicos

<i>AGÊNCIAS E ÓRGÃOS REGULATÓRIOS</i>			
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>AMBIENTE</b>	<b>PADRÃO REFERENCIAL</b>	<b>VALOR ENCONTRADO</b>
<i>OMS (2019)</i>	<b>Ambientes urbanos</b>	<b>Fungos</b>	<b>500 UFC/m<sup>3</sup></b>
<i>ANVISA (2019)</i>	<b>Ambientes coletivos</b>	<b>Fungos</b>	<b>750 UFC/m<sup>3</sup></b>
<i>ARTIGOS CIENTÍFICOS</i>			
<i>DUTKIEWICZ, (1997)</i>	<b>Ambientes coletivos</b>	<b>Microrganismos totais</b>	<b>104 UFC/m<sup>3</sup></b>
<i>PASQUARELLA et al. (2000)</i>	<b>Ambiente hospitalar</b>	<b>Microrganismos totais</b>	<b>3 x 10<sup>3</sup> UFC/m<sup>3</sup></b>
<i>GÓRNY e DUTKIEWICZ (2002)</i>	<b>Ambientes coletivos</b>	<b>Microrganismos totais</b>	<b>5 x 10<sup>3</sup> UFC/m<sup>3</sup></b>

*UFC: unidades formadoras de colônias*

**Fonte:** Autoria própria adaptado de CALDEIRA *et al.*, (2012) e ANVISA

Em relação ao quadro 5 analisando a comunidade de microrganismos coletados, com a filtragem HEPA destacamos a classe fúngica, no qual verificou-se a

presença de *Aspergillus* em 67% da amostra. Sendo assim, a filtragem HEPA, seria um potencial aliado para garantir um ambiente seguro aos profissionais de saúde, pacientes e visitantes no âmbito hospitalar, prevenindo doenças e reduzindo os custos relacionados ao processo de diagnóstico e tratamento de doenças respiratórias.

O quadro 6 vem corroborar com os demais resultados já citados anteriormente, demonstrando de forma qualitativa as bactérias encontradas nas amostras de ar juntamente com os fungos também já identificados, agravando assim o quadro de saúde dos pacientes internados nos leitos de isolamento aéreo do ambiente de estudo.

Autores alertam para o fato de que os números de microrganismos detectados no ar, nem sempre refletem a realidade dos ambientes, devido a ocorrência de células incapazes de gerar colônias nos meios de cultura, mas que permanecem viáveis, mantendo a sua patogenicidade no ambiente hospitalar.

Os métodos existentes nem sempre permitem a coleta ideal de microrganismos, relacionados aos efeitos à saúde humana, como por exemplo, as endotoxinas. Métodos de cultura tradicionais selecionam determinadas espécies em função do método de amostragem e meios de cultura específicos, fornecendo dados quantitativos de pouca reprodutibilidade, sendo seu uso limitado para a avaliação da exposição.

De acordo com a Diretiva 2000/54/CE da Comunidade Europeia que a presença de determinados microrganismos de alto risco (*Mycobacterium Tuberculosis*, *Bacillus Anthracis*, *Coxiella Burnetii*) no ar interior é inadmissíveis e devendo resultar em ações preventivas.

Os ambientes climatizados artificialmente também possuem desvantagens, pois podem tornar-se contaminados, quando os microrganismos formam colônias que podem ser distribuídas em torno dos edifícios através do sistema da canalização. As bobinas de refrigeração e os umidificadores, também podem ser contaminados com microrganismos tais como a *Legionella pneumophila* e *Pseudomonas aeruginosa* (BASTO, 2005).

O estudo realizado evidenciou os vários fatores que contribuem diretamente para a qualidade do ar interno nos Hospitais, em especial os leitos de precaução aérea, identificando os possíveis agentes causadores (internos e externos) enfatizando a necessidade de indicadores para serem usados na prevenção, controle e promoção da saúde nesses ambientes.

## 6 CONCLUSÃO

A referida pesquisa desenvolvida evidencia que a qualidade do ar é dependente de um conjunto de fatores intrínsecos e interligados as condições ambientais e manutenção das instalações e equipamentos, higienizações, fluxo de pessoas, entre outros e que, portanto, a investigação da qualidade do ar não se restringe a uma simples investigação qualitativa e quantitativa de bioaerossóis.

Os resultados obtidos das amostras de ar a níveis quantitativos e qualitativos confirmaram a presença de gêneros de fungos e bactérias com risco de disseminação através do ar no interior da Enfermarias e CTI do INI, mesmo com os equipamento de descontaminação de ar com filtragem Hepa instalados nos respectivos locais do estudo.

Os dados ainda foram confrontados ainda com os relatórios da comissão de controle de infecção hospitalar e do núcleo de saúde do trabalhador da instituição nos meses de realização da pesquisa, e aparentam ter correlação com o surgimento de infecções pulmonares, nos pacientes internados e profissionais afastados por problemas de saúde. Sugere-se uma interatividade por parte das comissões de infecção hospitalar, no sentido de fiscalizarem as variáveis que possam interferir na dispersão de contaminantes.

É inegável e evidente que o avanço da tecnologia aprimorou o diagnóstico da avaliação microbiológica da qualidade do ar. Contudo, a evolução tecnológica e o conhecimento sobre aplicabilidade das normas e resoluções sobre o tema, não progridem na mesma proporção, provocando um descompasso entre os benefícios que a modernização das técnicas de isolamento traz a saúde dos pacientes e os possíveis problemas que envolvem a questão.

Os dados deste estudo transcendem a preocupação crescente sobre a qualidade microbiológica do ar dentro dos hospitais, devendo ser revista e ampliada a sua discussão, sobre a necessidade de uma nova metodologia e legislação que consiga contemplar a complexidade de todos os fatores envolvidos para uma melhoria da situação atual, assim como a necessidade de um enfoque interdisciplinar do problema, corroborando ainda com um estudo epidemiológico, infraestrutura do leito versus equipamentos de descontaminação com filtragem HEPA, bem como validação do leito de isolamento com a técnica de ventilação de fluxo laminar, taxa de renovação de ar e pressão negativa, adequadas as necessidades do local, por um profissional

de saúde capacitado e integrado com a equipe de engenharia hospitalar com expertise na área poderiam contribuir de forma significativa e estabelecer novos parâmetros.

Portanto, espera-se que com esse estudo, possamos nos atentar da higiene do ar nos ambientes hospitalares, com a finalidade de minimizar gastos com a saúde de doentes e melhorar a qualidade de vida dos pacientes internados; fazendo com que os mesmos apresentem menores índices de exacerbações da doença instalada por via aérea.

A pesquisa possibilitou uma curva de aprendizagem para a construção de novos hospitais ou estabelecimentos assistenciais de saúde com características específicas de leitos com isolamento aéreo de um sistema de ventilação hospitalar com pressão negativa do ar, específico para infecções por aerossóis, como exemplo o novo Centro Hospitalar da Fiocruz no combate ao Covid-19, recém inaugurado no ano de 2020. Além da urgência de se retornar a discussão sobre a qualidade do ar nos ambientes hospitalares normas , resoluções e um novo olhar científico sobre o tema em questão.

## 7 REFERÊNCIAS

\_\_\_\_\_. Development of WHO Guidelines for Indoor Air Quality, Germany, 2006. Disponível <[http://www.euro.who.int/Document/AIQ/IAQ\\_mtgrep\\_Bonn\\_Oct06.pdf](http://www.euro.who.int/Document/AIQ/IAQ_mtgrep_Bonn_Oct06.pdf)> Acesso em: jul. 2020.

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

AFONSO, M.S.M. et al. A Qualidade do Ar em Ambientes Hospitalares Climatizados e sua Influência na Ocorrência de Infecções. Revista Eletrônica de Enfermagem, v. 06, n. 02. 2004.

AHLEN, C., Haugen, E. N., Frydenlund, F., Kristiansen, O., & Lysne, H. N. (1999). Composting in ventilation filters? A possible key to altered thermotolerance in microbial flora of indoor air. Indoor Air, 99, 184-189.

AL-DAGAL, Mosffer; FUNG, Daniel YC; BENNETT, Reginald W. Aeromicrobiology—a review. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, v. 29, n. 5, p. 333-340, 1990.

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

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). Standard 55-1992: Thermal

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 62-1999: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 1999.

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

AQUINO NETO FR, Brickus LSR. Padrões Referenciais para Análise de Resultados da Qualidade Físico-química do Ar de Interior Visando a Saúde Pública. Revista da brasindoor, 3(2):4-15, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma regulamentadora brasileira - NBR 6401 de 01 de dezembro de 1980 - Instalações centrais de ar condicionado para conforto. Parâmetros básicos de projeto. Disponível em: <[www.abnt.com.br](http://www.abnt.com.br)> Acesso em: 20 ago. 2020. NBR nº 5413. Iluminância de

interiores. 1992. 13 p.

AUTRUP, Herman *et al.* Activation of chemical carcinogens by cultured human fetal liver, esophagus and stomach. *Chemico-biological interactions*, v. 50, n. 1, p. 15-25, 1984.

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

BEGGS CB, Noakes CJ, Sleigh PA, Fletcher LA, Siddiqi K. The transmission of tuberculosis in confined spaces: an analytical review of alternative epidemiological models. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2003 Nov;7(11):1015-26. PMID: 14598959.

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

BERNASCONI, C. *et al.* Pyrogenic activity of air to characterize bioaerosol exposure in public buildings: a pilot study. *Letters in applied microbiology*, v. 50, n. 6, p. 571-577, 2010.

BLAAUBOER, Bas J. The contribution of in vitro toxicity data in hazard and risk assessment: current limitations and future perspectives. *Toxicology letters*, v. 180, n. 2, p. 81-84, 2008.

BOFF, C. Monitoramento de fungos no ar de unidades de terapia intensiva. Dissertação (Mestrado em Ciências Pneumológicas). Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2011

BORTOLASSI, Ana Claudia Canalli *et al.* Efficient nanoparticles removal and bactericidal action of electrospun nanofibers membranes for air filtration. *Materials Science and Engineering: C*, v. 102, p. 718-729, 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Missão, valores e visão. 2009. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/institucional/anvisa/apresentacao.htm>> Acesso em: 15 jul. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Processamento de artigos e superfícies em estabelecimentos de saúde. Brasília, 1994. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/processamento\\_artigos.pdf](http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/processamento_artigos.pdf). > Acesso em: 24 jul. 2020.

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.

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

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

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

BREATHNACH, A. S. *et al.* An outbreak of multi-drug-resistant tuberculosis in a London teaching hospital. *Journal of Hospital Infection*, v. 39, n. 2, p. 111-117, 1998.

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

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

BROWN, S. K.; SIM, M. R.; ABRAMSON, M. J.; GRAY, C. N. Concentrations of

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

CAVASENO, V. (1980), *Industrial Air Pollution Engineering*, McGraw-Hill, USA.

ÇENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M.. *Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações*. 3. ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2015. xxiii, 990 . p.

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

CLIVE B. Beggs, Catherine J. Noakes, Simon J. Shepherd, Kevin G. Kerr, P. Andrew Sleigh, Katherine Banfield, The influence of nurse cohorting on hand hygiene effectiveness, *American Journal of Infection Control*, Volume 34, Issue 10, 2006, Pages 621-626, ISSN 0196-6553

CROFT, William A.; JARVIS, Bruce B.; YATAWARA, C. S. Airborne outbreak of trichothecene toxicosis. *Atmospheric Environment* (1967), v. 20, n. 3, p. 549-552, 1986.

DA SILVA, Cristiane Caldeira *et al.* Avaliação microbiológica da qualidade do ar de interiores: aspectos legais e metodológicos. *Universitas: Ciências da Saúde*, v. 10, n. 1, p. 51-60, 2012.

DASCALAKI, Elena G. *et al.* Indoor environmental quality in Hellenic hospital operating rooms. *Energy and Buildings*, v. 41, n. 5, p. 551-560, 2009

DOLINGER, E.J.O.V. *et al.* Contaminação do ar em salas cirúrgicas durante cirurgias de artroplastias total de quadril e joelho, hemiartroplastias e osteossínteses no centro cirúrgico de um hospital brasileiro. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 2010.

DOUWES J, Thorne P, Pearce N, Heederick D. Bioaerosol Health Effects and

DURMAZ, F., Kara, H., Cengeloglu, Y., & Ersoz, M. (2005). Fluoride removal by Donnan dialysis with anion exchange membranes. *Desalination*, 177(1), 51-57.

DUTKIEWICZ, J., Pomorski, Z. J., Sitkowska, J., Krysińska-Traczyk, E., Skórska, C., Prażmo, Z., ... & Wójtowicz, H. (1994). Airborne microorganisms and endotoxin in animal houses. *Grana*, 33(2), 85-90.

Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers. 1992b.

Exposure Assessment: Progress and Prospects. *Ann. occup. hyg.*, 47(3):187- 200, 2003.

FALVEY, D. G.; STREIFEL, A. J. Ten-year air sample analysis of *Aspergillus* prevalence in a university hospital. *Journal of Hospital Infection*, v. 67, n. 1, p. 35-41, 2007.

FANG, L.; CLAUSSEN, G.; FANGER, P.O. Impact of temperature and humidity on chemical and sensory emissions from building materials. *Indoor Air*, v. 9, n. 3, 2008.

FARINA, Simone Sena; ROMANO-LIEBER, Nicolina Silvana. Atenção farmacêutica em farmácias e drogarias: existe um processo de mudança? *Saúde e sociedade*, v. 18, p. 7-18, 2009.

FERNANDES, Henrique Pereira. **Avaliação da Qualidade do Ar no Interior da Biblioteca Central do Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora**. 2014. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

FRANKLIN, Sheila de Lira *et al.* Avaliação das condições ambientais no laboratório de anatomia patológica de um hospital universitário no município do Rio de Janeiro. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, v. 45, n. 6, p. 463-470, 2009.

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

GAIO, A. et al. Incidência de fungos anemófilos do gênero *Aspergillus* presentes no ar durante o período de reforma em ambiente hospitalar. *Rev. Bras. Anal. Clin.* 2011

GERBERICK, George Franklin; SORENSON, W. G.; LEWIS, D. M. The effects of T-2 toxin on alveolar macrophage function in vitro. *Environmental research*, v. 33, n. 1, p. 246-260, 1984.

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

HILDESHEIM, Allan *et al.* Human papillomavirus type 16 variants and risk of

cervical cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, v. 93, n. 4, p. 315-318, 2001.

HINDS, William C. *Aerosol Technology* John Wiley and Sons. New York, v. 424, 1982.

HINDS, William C. *Aerosol technology: properties, behavior, and measurement of airborne particles*. John Wiley & Sons, 1999.

IVENS, Ulla I. *et al.* Exposure-response relationship between gastrointestinal problems among waste collectors and bioaerosol exposure. *Scandinavian journal of work, environment & health*, p. 238-245, 1999.

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

JAFFAL, A. A. *et al.* Residential indoor airborne microbial populations in the United Arab Emirates. *Environment International*, v. 23, n. 4, p. 529-533, 1997.

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

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

KALLIOKOSKI, Pentti. Risks caused by airborne microbes in hospitals-source control is important. *Indoor and Built Environment*, v. 12, n. 1-2, p. 41-46, 2003

KINDINGER, Ilona *et al.* A new method to measure air-borne pyrogens based on human whole blood cytokine response. *Journal of immunological methods*, v. 298, n. 1-2, p. 143- 153, 2005.

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

KINDINGER, Ilona *et al.* A new method to measure air-borne pyrogens based on human whole blood cytokine response. *Journal of immunological methods*, v. 298, n. 1-2, p. 143-153, 2005.

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

KRISTENSEN, L. Hagelskjaer; PRAG, J. Human necrobacillosis, with emphasis on Lemierre's syndrome. *Clinical infectious diseases*, v. 31, n. 2, p. 524-532, 2000.

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

Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2003.

LIMA, Nelson; Mota, M., Biotecnologia dos Ambientes Aéreos e Confinados. In Lima, N., Mota, M. (Coords.), Biotecnologia: Fundamentos e Aplicações, Lisboa: Lidel Edições Técnicas, 2003. ISBN: 972-757-797-2, 321-338

LOUDON, Janice K.; JENKINS, Walter; LOUDON, Karen L. The relationship between static posture and ACL injury in female athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, v. 24, n. 2, p. 91-97, 1996

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

MENZIES, Dick; BOURBEAU, Jean. Building-related illnesses. *New England Journal of Medicine*, v. 337, n. 21, p. 1524-1531, 1997.

MORAES, Alexandre Perri de. Qualidade do ar interno com ênfase na concentração de aerodispersóides nos edifícios. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

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

NAGDA, Niren L. RECTOR, Harry E. Chapter 51: Instruments and measurements for measuring indoor air quality. In: SPENGLER, J.D. SAMET,

NBR nº 16401 de 04 de setembro de 2009. Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários. Parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Disponível em: < [www.anbnt.com.br](http://www.anbnt.com.br). > Acesso em: 18 mai. 2020

NBR no 7256. Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução das instalações. 2005. 22 p. \_\_\_\_\_

NUNES, Zilma das Graças. Estudo da Qualidade Microbiológica do Ar de Ambientes Internos Climatizados. 2005. 163 f. Tese (Doutorado em Vigilância Sanitária) - Programa de Pós-graduação em Vigilância Sanitária / Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde / Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2005.

OMOIGBERALE, M. N. O., O. O. Amengialue, and M. I. Iyamu. "Microbiological assessment of hospital indoor air quality in Ekpoma, Edo State, Nigeria." *Global Res JMicrobiol* p.1-5. 2014

OWEN, M. K.; ENSOR, D. S.; SPARKS, L. E. Airborne particle sizes and sources found in indoor air. *Atmospheric Environment. Part A. General Topics*, v. 26, n. 12, p. 2149-2162, 1992

p. 193-201. 1999. FANG, L.; WION, D.P.; CLAUSSEN, G.; FANGER, P.O. Impact of indoor air temperature and humidity in a office on perceived air quality, SBS,

symptoms and performance. *Indoor Air*, v. 14, n. Suppl 7, p. 74-81. 2004.

PANTOJA, Lydia Dayanne Maia; COUTO, Manuela Soares; PAIXÃO, Germana Costa. Diversidade de Bioaerossóis presentes em ambientes urbanizados e preservados de um Campus universitário. 2007.

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

PASTUSZKA, Jozef S. *et al.* Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. *Atmospheric Environment*, v. 34, n. 22, p. 3833-3842, 2000.

PAULA, JFL, Aeromicrobiota do ambiente cirúrgico: princípios e peculiaridades da climatização artificial, 2003, Dissertação (Mestrado em Enfermagem), Universidade de São Paulo, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, São Paulo, 2003. Disponível em: <[www.tesesusp.br](http://www.tesesusp.br)> Acesso em: 06 jun. 2020.

PEREIRA ML, TRIBESS A. ( ). “Estratégias de controle de agentes patogênicos transmitidos pelo ar em ambientes hospitalares.” In: Congresso De Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento E Ventilação Do MERCOSUL – Mercofrio, 11, 2004, Curitiba. Anais. Curitiba. 1 CD-ROM.

PITEIRA, C. A Qualidade do Ar Interior em Instalações Hospitalares. Lidel. 1º Ed., 2007.

PLATTS-MILLS, Thomas AE; CHAPMAN, Martin D. Dust mites: immunology, allergic disease, and environmental control. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, v. 80, n. 6, p. 755-775, 1987.

PORTNOY, Jay M.; FLAPPAN, Susan; BARNES, Charles S. A procedure for evaluation of the indoor environment. *Aerobiologia*, v. 17, n. 1, p. 43-48, 2001.

QUADROSa ME, Lisboa HM, Oliveira VL, Schirmer WN, Qualidade do ar interno em ambientes hospitalares. *Ver. tecnologia fortaleza*, 30(1)38-52, jun. 2009.

QUADROSb, ME, Lisboa HM, Oliveira VL, Schirmer WN. Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: estudo de caso e análise crítica dos padrões atuais. *Eng Sanit Ambient.*,14(3) 431-438, jul/set. 2009.

ROM, William N.; TRAVIS, William D.; BRODY, Arnold R. Cellular and Molecular Basis of the Asbestos-related Diseases<sup>1, 2</sup>. *Am Rev Respir Dis*, v. 143, p. 408-422, 1991.

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

SAMET, Jonathan M. *et al.* Nitrogen dioxide and respiratory illnesses in infants. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 148, n. 5, p. 1258-1265, 1993.

SANTANA, W.O.; FORTUNA, J.L. Microbiota de aparelhos de ar condicionado das áreas críticas de hospitais públicos e particulares e sua relação com as infecções hospitalares. *Revista Biociências*, Taubaté, 2012. v. 18, n.1.

SCHINDLER, S; VON- AULOCK; S.; DANESHIAN, M. AND HARTUNG, T. Development, validation and applications of the Monocyte Activation Test for pyrogens based on human whole blood. *ALTEX*, 26, p. 265:277, 2009.

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

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

SELIKOFF, Irving J.; GREENBERG, Morris. A landmark case in asbestosis. *JAMA*, v. 265, n. 7, p. 898-901, 1991.

SILVA, D. P. et al. Infecções hospitalares associadas à qualidade do ar em ambientes climatizados. *Rev Epidemiol Control Infect*. 2013.

SILVA, E.R.S.S.Avaliação microbiológica do ar em ambiente Hospitalar.Dissertação (Mestrado em Microbiologia). Universidade de Aveiro.Departamento de Biologia. 2008.

SODRÉ, E.D. et al. Avaliação da Qualidade do Ar Interior do Hospital Universitário Pedro Ernesto. *Sustinere*, v. 2, p. 36-56-56, 2014.

SOUZA, A.A.P. Estudo da microbiota anemófila presente nos diferentes ambientes do Hospital Santa Casa de Belo Horizonte. Dissertação (Mestrado em Medicina e Biomedicina). Instituto de Ensino e Pesquisa – IEP. Belo Horizonte, 2012.

SPENCER, Sally *et al*. Impact of preventing exacerbations on deterioration of health status in COPD. *European respiratory journal*, v. 23, n. 5, p. 698-702, 2004.

SPENDLOVE, J. Clifton; FANNIN, Kerby F. Source, significance, and control of indoor microbial aerosols: human health aspects. *Public Health Reports*, v. 98, n. 3, p. 229, 1983

SPENGLER, John D.; SEXTON, Ken. Indoor air pollution: a public health perspective. *Science*, v. 221, n. 4605, p. 9-17, 1983.

STEFFENS, Juliana et al. Desempenho de filtros fibrosos operando na remoção de partículas nanométricas de aerossóis. 2007.

STONE, John O. Air pressure and cosmogenic isotope production. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, v. 105, n. B10, p. 23753-23759, 2000

SUPRNY, K.R. (1998), *Advances in aerosol filtration*, CRC Press LLC, Florida, 533p

THE UNIVERSITY OF ADELAIDE. Mycology Online. Disponível em: <http://www.mycology.adelaide.edu.au/> Acesso em 06 de jun de 2020.

TODAR, Kenneth. "Todar's online textbook of bacteriology. University of Wisconsin-Madison Department of Bacteriology." (2005).

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

TRAEGER-SYNODINOS, J., Papassotiriou, I., Karagiorga, M., Premetis, E., Kanavakis, E. and Stamoulakatou, A. (2002), Unusual phenotypic observations associated with a rare HbH disease genotype (--Med/ $\alpha$ TSaudia $\alpha$ ): implications for clinical management. British Journal of Haematology, 119: 265-267.  
doi:10.1046/j.1365- 2141.2002. 03777.x

TRIESTER, Stuart L. *et al.* A meta-analysis of the yield of capsule endoscopy compared to other diagnostic modalities in patients with non-stricturing small bowel Crohn's disease. American Journal of Gastroenterology, v. 101, n. 5, p. 954-964, 2006.

TURPIN BJ, Huntzicker JJ. Identification of secondary organic aerosol episodes and quantification of primary and secondary organic aerosol concentrations during SCAQS. Atmospheric environment, 29(23):3527-3544, 1995.

VAN OSDELL, D. W.; CHEN, F. L. Wind Tunnel Test Report No. 28: Test of the Sierra-Andersen 246B Dichotomous Sampler Inlet at 2, 8, and 24 km/h. Research Triangle Institute Report, 1990.

volatile organic-compounds in indoor air – a review. Indoor Air: International Journal of Indoor Air Quality and Climate, v. 4, p. 123-134, 1994.

WAGNER, Paul E.; VALI, Gabor (Ed.). Atmospheric Aerosols and Nucleation. Berlin: Springer-Verlag, 1988.

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

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

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Indoor air quality: biological contaminants (European Series nº 31). Copenhagen, Denmark, 1983.

WILLEKE, K.; BARON, P.A., (1993), Aerosol measurement: principles, techniques, and applications, Van Nostrand Reinhold, New York, 876p.

WOLKOFF, Peder *et al.* Risk in cleaning: chemical and physical exposure. Science of the total environment, v. 215, n. 1-2, p. 135-156, 1998.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. 7 Million premature deaths annually linked to air pollution. 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Programmes and Projects: Indoor Air Pollution. Disponível em: < [www.who.int/indoorair/en/](http://www.who.int/indoorair/en/)> Aceso em: 17 de jul. 2020

ZHANG R, Guangbei T, Jihong L. Study on biological contaminant control strategies under different ventilation models in hospital operating room. *Building and environment*, 43(5):793-803, may. 2008

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

## APÊNDICE A



Rio de Janeiro, 21 de agosto de 2018.

Ao Vice Diretor de Serviços Clínicos – Sr. Estevão Portela  
Assunto: Anuência para o desenvolvimento de projeto de pesquisa.

Prezado,

Solicitamos a vossa anuência para que o Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas participe do projeto de pesquisa **"Análise da eficiência de um sistema de ventilação hospitalar com filtragem hepa para a prevenção da tuberculose"**.

Este estudo pretende contribuir para a determinação da possibilidade de patógenos bacterianos serem disseminados e eventualmente transferidos de um paciente a outro de forma indireta, tendo as superfícies inanimadas e o ar em seu percurso.

Solicitamos ainda o consentimento das chefias do Centro de Terapia Intensiva (CTI) e da Comissão de Controle da Infecção Hospitalar (CCIH) para o acesso a informações referentes às ações cotidianas destes Serviços, para o ingresso do aluno pesquisador Ricardo Andrade Santos da Universidade Brasil, integrante do referido projeto para a coleta de amostras da microbiota das superfícies e do ar por parte destes discentes.

Por outro lado, comprometemo-nos a obedecer às normas e regras de conduta estabelecidas pelo Instituto, assim como resguardar a privacidade e sigilo de seus pacientes, às divulgações dos resultados serão de cunho científico, decorrentes deste estudo, que serão utilizados em monografias, dissertações e artigos científicos.

Afirmamos ainda, todos os dados obtidos na pesquisa estarão à disposição desta direção e das suas chefias, na medida em que forem produzidos, e que estaremos à sua disposição para auxiliar na avaliação de tais resultados e nas ações corretivas que por ventura se façam necessárias.

Ricardo Andrade Santos, MsC,  
Universidade Brasil / Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica  
Campus São Paulo – Rua Carolina Fonseca, 584 Itaquera São Paulo / SP  
Telefones: +55 (11) 2070-0157 , (21) 98870-3119  
E-mail: ricardoandrade1@yahoo.com.br

Fernanda Roberta Marciano, MsC, PhD,  
Universidade Brasil / Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica  
Campus São Paulo – Rua Carolina Fonseca, 584 Itaquera São Paulo / SP  
Telefones: +55 (11) 2070-0157  
E-mail: femarciano@gmail.com

Prezado Ricardo,

Segue nossa avaliação sobre seu projeto:

Em nossa avaliação, identificamos que não há nos objetivos algo que indique o uso de dados ou amostras clínicas de pacientes dos setores amostrados, entretanto no seu "Plano de Análise" há a afirmativa de que serão coletados "nome e prontuário dos pacientes internado-atendidos, condições de transmissibilidade de tuberculose dos pacientes como data do último exame de BAAR no escarro positivo; tempo de tratamento com tuberculostáticos; e, condições de biossegurança de pacientes (uso de máscara cirúrgica, se indicada)". Essa coleta, segunda a Res. CNS 466/12, item II.14, pesquisa envolvendo seres humanos, e por isso o protocolo de pesquisa deve ser submetido ao CEP de sua instituição (Universidade Brasil), e instituição co-participante (INI/Fiocruz), para avaliação ético-científica. Esclarecimento: a Res. CNS 466/12, item II.14, define como "pesquisa envolvendo seres humanos - pesquisa que, individual ou coletivamente, tenha como participante o ser humano, em sua totalidade ou partes dele, e o envolva de forma direta ou indireta, incluindo o manejo de seus dados, informações ou materiais biológicos."

De fato, essa necessidade já havia sido prevista pelo equipe de pesquisa, uma vez que se comprometem em "Carta de Autorização da Pesquisa", datada de 27/08/2018, em "resguardar a privacidade e sigilo de seus pacientes".

Atenciosamente, Lusiele  
Guaraldo Vice-  
Coordenação do CEP-  
INI

## APÊNDICE B

**FORMULÁRIO DE COLETA DE INFORMAÇÕES SOBRE OS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO ARTIFICIAL**

1. **Tipo de Ambiente:** Hospital ( ) ; Clínicas ( ) ; Outros ( ) \_\_\_\_\_

2. **Identificação do Ambiente:** Quarto de Enfermarias de isolamento sem antecâmara ( ) ; Quarto de Enfermarias de isolamento com antecâmara ( ) ; Quarto do CTI de isolamento com antecâmara ( ) Quarto do CTI de isolamento sem antecâmara; Outros \_\_\_\_\_( )

3. Existe banheiros nos quartos de isolamento de precaução aérea?

Sim ( ) \_\_\_\_\_; Não ( ) \_\_\_\_\_

4. As instalações são dotadas de que tipo de equipamento de ar condicionado?  
Tipo Split ( ) ; Tipo de Janela ( ) ; Central tipo Fan-coil ( )

5. Qual é a capacidade de refrigeração instalada do sistema de climatização?

**6.As instalações são dotadas de que tipo de equipamento com filtragem HEPA?**

Portátil ( ) ; Central tipo fan-coil ( )

7. Quais eram as temperaturas e umidades relativas registradas?

**8.Existem outras técnicas de controle da qualidade do ar que são empregadas no ambiente?**

9. **Existe contrato de manutenção do sistema de climatização artificial?**

Sim ( ) \_\_\_\_\_; Não ( ) \_\_\_\_\_

10. Qual o tempo médio para realização das manutenções nos sistemas de condicionadores de ar?

Portátil ( ) \_\_\_\_\_; Central tipo fan-coil ( ) \_\_\_\_\_

11. Já ocorreu ou ocorre com frequência à paralisação das atividades rotineiras no setor por problemas no ar condicionado?

Sim ( ) ; Não ( ) ; Frequência ( ) \_\_\_\_\_

12. Qual o tempo médio para o atendimento de uma ocorrência de manutenção no sistema de climatização artificial?

13. **Como ocorre a limpeza dos filtros?**

14. **Existe evidências de estanqueidade dos quartos de isolamento?**

Sim ( ) \_\_\_\_\_; Não ( ) \_\_\_\_\_ Obs:

15. Existe evidências de pressurização nos sistemas de climatização?

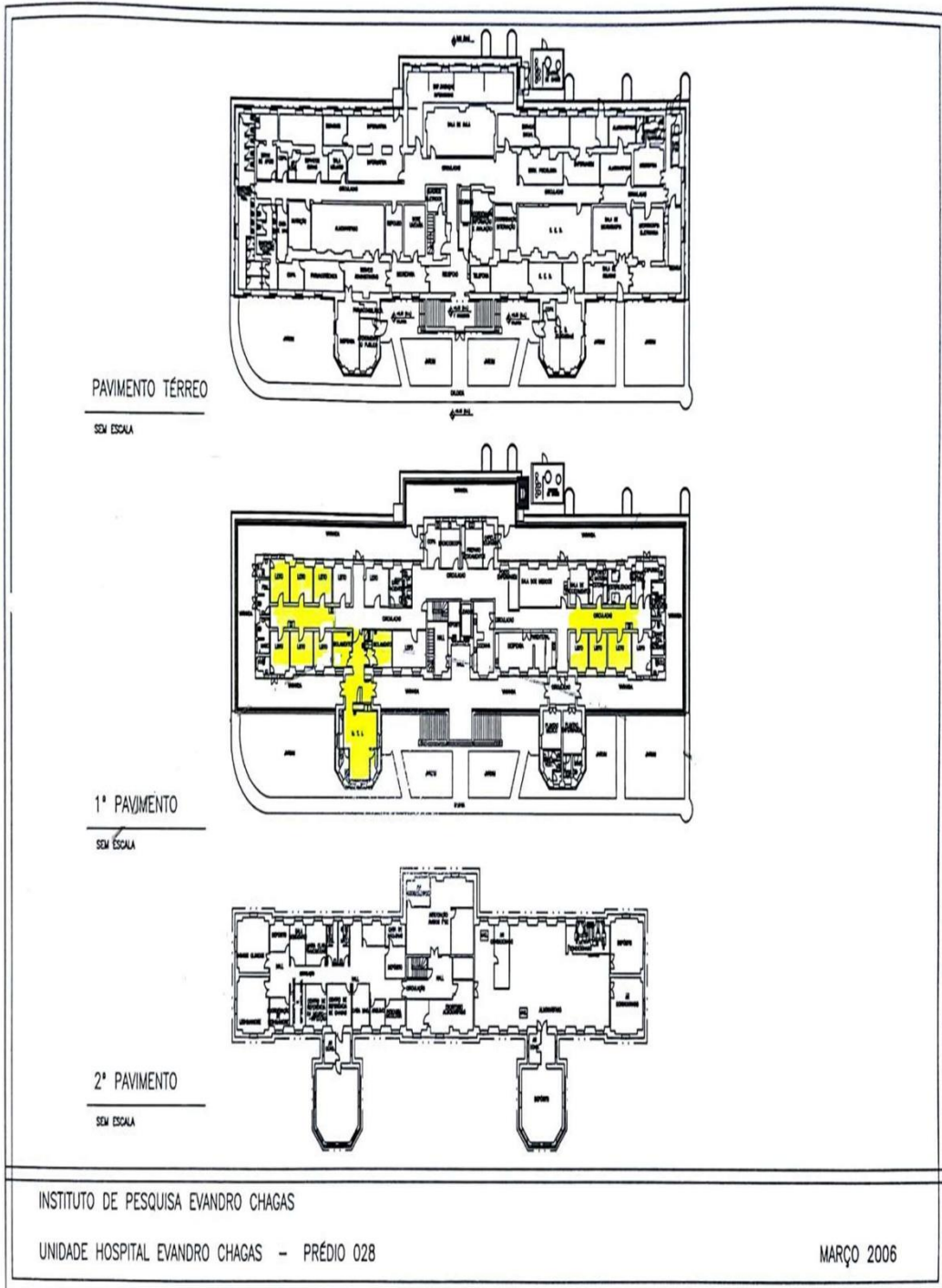
Sim ( ) \_\_\_\_\_; Não ( ) \_\_\_\_\_

16. Existe evidências dos sistemas de renovação de ar nos sistemas de climatização?

Sim ( ) \_\_\_\_\_; Não ( ) \_\_\_\_\_

# ANEXO 1

## PLANTA BAIXA DO INSTITUTO DE PESQUISA EVANDRO CHAGAS



## ANEXO 2

### ORIENTAÇÃO TÉCNICA REFERENTE A INDICADORES DE QUALIDADE DO AR INTERIOR EM AMBIENTES DE SERVIÇOS DE SAÚDE

As medidas recomendadas por esta Orientação Técnica aplicam-se aos ambientes classificados como críticos e semicríticos dos estabelecimentos assistenciais de saúde, na área pública e privada compreendendo:

- as construções novas de estabelecimentos assistenciais de saúde de todo o país;
- as áreas a serem ampliadas de estabelecimentos assistenciais de saúde já existentes;
  - as reformas de estabelecimentos assistenciais de saúde já existentes e os anteriormente não destinados a estabelecimentos de saúde.

#### 1. DEFINIÇÕES

Para fins desta Orientação Técnica são adotadas as seguintes definições:

**1.1. Ambientes críticos:** ambientes com ou sem pacientes onde existe risco aumentado de contaminação de indivíduos, alimentos ou de produtos. São locais onde se realizam procedimentos invasivos, encontram-se pacientes imunodeprimidos ou com doenças infecto-contagiosas, manipulam-se produtos estéreis, com alto risco de contaminação.

**1.2. Ambientes semicríticos:** ambientes ocupados por pacientes, excluindo-se os de áreas críticas, e todos os ambientes onde de realizam procedimentos de baixo risco de infecção ou de contaminação.

**1.3. Ambientes não-críticos:** ambientes do EAS não ocupados por pacientes, onde não se realizam procedimentos de risco de infecção ou de contaminação.

**1.4 Classificação de risco de ocorrência de eventos adversos à saúde por exposição ao ar ambiental:**

**1.3.1. Nível 0.** Área onde o risco não excede aquele encontrado em ambientes de uso público e coletivo.

**1.3.2. Nível 1.** Área onde não foi constatado o risco de eventos adversos relacionados à qualidade do ar, porém algumas autoridades, organizações ou investigadores sugerem que o risco deva ser considerado.

**1.3.3. Nível 2.** Área onde existem fortes evidências de risco de ocorrência de eventos adversos relacionados à qualidade do ar de seus ocupantes ou de pacientes que utilizarão produtos manipulados nestas áreas, baseadas em estudos experimentais, clínicos ou epidemiológicos bem delineados.

**1.3.4. Nível 3.** Área onde existem fortes evidências de alto risco de eventos adversos de seus ocupantes ou de pacientes que utilizam produtos manipulados nestas áreas, baseados em estudos experimentais, clínicos ou epidemiológicos bem delineados.

**1.4. Controle do ar ambiental:** avaliação e manutenção em níveis recomendados dos parâmetros químicos, físicos e biológicos do ar ambiental interior.

**1.5. Eventos adversos:** eventos que produzem, ou potencialmente

podem produzir, resultados inesperados ou indesejados que afetem a saúde de pacientes, trabalhadores ou usuários de serviços de saúde.

**1.6. Indicadores de qualidade do ar ambiental interior:** parâmetros qualitativos e/ou quantitativos de Qualidade do Ar Ambiental Interior, utilizados como sentinela para determinar a necessidade de medidas corretivas e se estas medidas resultaram em alteração destes parâmetros.

**1.7. Medidas de controle do ar ambiental interior:** ações preventivas e corretivas relacionadas à qualidade do ar ambiental interior destinadas às reduções dos riscos à saúde.

**1.8. Serviços de saúde:** denominação genérica de estabelecimentos destinados ao desenvolvimento de ações relacionadas à promoção, proteção, manutenção e recuperação da saúde e/ou pesquisas na área de saúde, qualquer que seja o seu nível de complexidade.

## 2. INDICADORES DE QUALIDADE DO AR INTERIOR EM AMBIENTES DE SERVIÇOS DE SAÚDE

A presente Orientação Técnica define medidas de caráter preventivo a serem contempladas para o controle e validação de ações recomendadas para o Programa de Controle de Qualidade Ambiental<sup>3</sup> e suas variáveis em serviços de saúde.

Devem ser adotadas as seguintes diretrizes nas ações para obtenção de condições satisfatórias do ar ambiental dentro do Programa de Controle de Qualidade Ambiental:

**a)** Políticas de ocupação de áreas específicas: utilização de barreiras físicas e os fluxos de trabalho e barreiras primárias, como cabines de segurança biológica (CSB) ou equipamentos de proteção individual (EPI), considerando as características da população usuária, materiais, equipamentos e o nível de risco envolvido nos procedimentos;

**b)** Políticas de acesso humano, de materiais e equipamentos em áreas específicas: utilização de procedimentos e práticas de entrada e saída, manutenção e manuseio, segundo seu nível de risco;

**c)** Práticas de controle de superfícies e artigos: utilização de procedimentos e práticas de higienização, segundo seu nível de risco;

**d)** Programa de manutenção, operação e controle dos sistemas prediais: acompanhamento das condições das instalações hidrossanitárias, elétricas, eletrônicas, fluido-mecânico e de climatização existentes, segundo as características exigidas pelo nível de risco ambiental.

São consideradas situações críticas para a qualidade do ar ambiental:

**a)** Construções e reformas de quaisquer dimensões em qualquer ambiente do serviço de saúde;

**b)** Construções e reformas que envolvam demolições em áreas do próprio lote do serviço de saúde ou de lotes vizinhos, adjacentes, ao serviço de saúde.

As situações acima consideradas devem ser previstas, acompanhadas e concluídas por ações descritas no Programa de Controle de Qualidade Ambiental<sup>4,5</sup>.

Na classificação de risco para ocorrência de eventos adversos, devem ser consideradas as seguintes variáveis e componentes capazes de comprometer os resultados e processos esperados na realização dos procedimentos de promoção, proteção, manutenção e recuperação da saúde.

Componentes Químicos

Os contaminantes de origem química deverão ser pesquisados de forma particular, contemplando-se a existência de fontes, susceptibilidade do paciente e atendendo as especificações dos “Programa de Prevenção de Riscos Ambientais”

– PPRA e “Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional” - PCMSO. Os valores máximos aceitáveis para contaminantes de origem química são descritos na tabela 1.

Tabela 1 – Componentes Químicos

Componentes	Valores máximos
Partículas respiráveis menores que 10 µm	80 µg/m <sup>3</sup>
Fenol	15 mg/m <sup>3</sup>
Formaldeído	2,3 mg/m <sup>3</sup>
Etanol	1480 mg/m <sup>3</sup>
Cloro	2,3 mg/m <sup>3</sup>

#### Variáveis físicas

Os parâmetros de origem física deverão ser considerados como descrito na tabela 2 (situações de conforto) para áreas que não exijam especificações diferenciadas.

a) Em situações especiais onde haja necessidade da manutenção de condições específicas de Temperatura, umidade relativa do ar e pressão, utilizar os parâmetros definidos no Apêndice I.

b) Essas informações devem ser complementadas com os dados da Tabela 1 - Parâmetros de projeto, definidos na norma ABNT NBR 7256 - Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde.

c) Para a avaliação dos parâmetros físicos em ambientes climatizados, utilizando indicadores de Qualidade do Ar Ambiental Interior, recomenda-se a Norma Técnica 001, relacionada no Apêndice II.

Tabela 2 – Variáveis físicas

Variáveis	Valores recomendáveis
Temperatura	21° C a 24° C
Umidade relativa	40% a 60%
Velocidade do ar (movimentação ao nível de 1,5 m do piso)	< 0,25 m/s

#### Variáveis Biológicas

O indicador de qualidade de ar ambiental interior é a contagem total de bactérias e fungos, não devendo ultrapassar os níveis relacionados abaixo.

Variáveis e Componentes	Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Partículas biológicas totais no ar ambiental	≤ 750 ufc/m <sup>3</sup>	= 500 ufc/m <sup>3</sup>	= 200 ufc/m <sup>3</sup>	= 50 ufc/m <sup>3</sup>

Para a avaliação das variáveis biológicas em ambientes climatizados, utilizando indicadores de Qualidade do Ar Ambiental Interior, recomendam-se as Normas Técnicas 002, 003 e 004, relacionadas no Apêndice III, IV e V respectivamente.

**2.2.** Na vigência de evidências epidemiológicas de eventos adversos específicos em pacientes ou profissionais da área da saúde, causadas pelo contato com anestésicos e outros Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), estes compostos devem ser avaliados e determinado o grau de comprometimento ambiental, com objetivo de orientar e controlar as ações de prevenção e/ou correção.

**2.3.** Devem ser observadas as orientações em relação aos procedimentos de descarte dos resíduos gerados no serviço de saúde, visando garantir a qualidade do ar interior, conforme definidas no Regulamento Técnico da ANVISA, Resolução RDC nº 33, de 25 de fevereiro de 2003, referente ao gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (RSS).

**2.4.** Não devem ser aceitos nos ambientes microrganismos potencialmente agressores com transmissão comprovada por via ambiental<sup>4</sup>, excetuando-se as áreas de isolamento destinadas à internação de pacientes com infecção transmitida pelo ar.

**2.5.** Para os efeitos desta Orientação Técnica são adotados os níveis de risco de ocorrência de eventos adversos à saúde relacionados ao ar ambiente em serviços de saúde, conforme o item 1.4, de acordo com as situações selecionadas como potencialmente responsáveis pela aquisição e/ou transmissão de eventos adversos e pelos métodos ou processos realizados nos procedimentos de promoção, proteção e recuperação da saúde.

**2.6.** As situações devem ser avaliadas em relação ao risco comprovadamente presente, segundo descrito no Apêndice I, considerando: procedimentos invasivos, manejo de pacientes susceptíveis, presença de substâncias contaminantes e materiais contaminantes de várias origens ou preparo de nutrientes, artigos e fármacos susceptíveis à contaminação, que gerem substâncias químicas no ambiente.

### 3. FONTES POLUENTES

**3.1.** Para fins de identificação e definição de ações são apresentadas as principais fontes de infecção no Quadro 1 e o modelo de disseminação de infecção em sala cirúrgica na Figura 16.

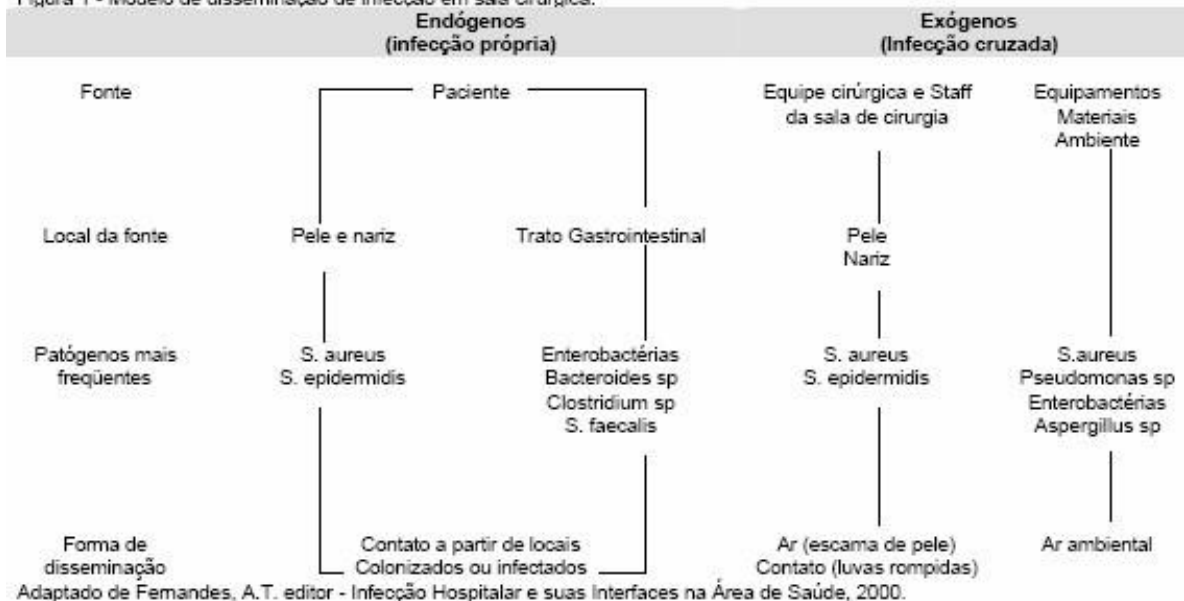
**3.2.**

Quadro 1 - Possíveis fontes de infecção, veiculadas pelo ar em áreas hospitalares.

Fontes internas	Fontes externas
Pacientes infectados, ou portadores assintomáticos, profissionais e visitantes.	Solo e água, incluindo torres de resfriamento.
Áreas contaminadas (expurgo ou não) e fontes de aerossóis.	Matérias orgânicas.
Ventilação, sistema de ar condicionado, oxigenoterapia.	Construções e reformas.

Adaptado de Fernandes, A.T. editor - Infecção Hospitalar e suas Interfaces na Área de Saúde, 2000.

Figura 1 - Modelo de disseminação de infecção em sala cirúrgica.



## 4. RESPONSABILIDADES

**4.1.** É de responsabilidade do dirigente (administrador, proprietário, gerente ou gestor) do serviço de saúde a designação de comissão formada por profissionais de representação das áreas relacionadas ao risco gerado para implantar e executar o Programa de Controle de Qualidade Ambiental e redução dos riscos de Infecção vinculadas ao ambiente em serviços de saúde.

**4.2.** Esta Comissão poderá ter suas funções desempenhadas por outra comissão técnica já constituída no serviço de saúde, garantida a presença dos profissionais relacionados aos riscos envolvidos. Podendo ser representada por:  
Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH);  
Comissão Interna de Biossegurança em Saúde (CIBS) ou equivalente.

**4.3.** A Comissão executiva do Controle de Qualidade Ambiental e redução dos riscos de infecção ou agravo a saúde vinculada ao ambiente, obriga-se a:

- Estabelecer o plano de ações de prevenção de fontes de contaminação vinculadas ao ambiente e ao sistema de climatização ambiental;
- Estabelecer o plano de ações de correção de fontes de contaminação vinculadas ao ambiente e ao sistema de climatização ambiental;
- Estabelecer o plano de validação das ações de prevenção e correção de fontes de contaminação vinculadas ao ambiente e ao sistema de climatização ambiental;
- Estabelecer a periodicidade de controle dos ambientes em função da condição estatística de incidência de infecção hospitalar e agravo à saúde de usuários, quer sejam pacientes ou profissionais de saúde no estabelecimento de sua responsabilidade.

**4.4.** A Comissão executiva do Controle de Qualidade Ambiental e redução dos riscos de infecção ou eventos adversos vinculados ao ambiente, deverá utilizar como instrumentos de validação e controle de ações:

- a) Avaliações biológicas, químicas e físicas das condições do ar interior dos ambientes de serviços de saúde. Os relatórios técnicos sobre qualidade do ar interior devem ser elaborados conforme especificado pela norma ABNT NBR 10.719 – Apresentação de relatórios técnico-científicos;
- b) Utilizar como Padrão Referencial de Qualidade de ar ambiental em estabelecimentos de saúde, segundo característica da área e seus riscos, o estabelecido nos itens 2.5 e 2.9 desta Resolução;
- c) Manter disponível o registro das validações de ações realizadas, pelo prazo mínimo de 5 (cinco) anos;
- d) Manter disponível o registro das avaliações e correções realizadas, pelo prazo mínimo de 5 (cinco) anos;
- e) Divulgar aos ocupantes dos ambientes os procedimentos e resultados das atividades de avaliação e correção realizadas;
- f) Desenvolver o controle ambiental envolvendo: ar interior, águas, superfícies e resíduos sólidos;
- g) Conhecer, acompanhar e colaborar com os estudos epidemiológicos das infecções relacionadas ao serviço de saúde, com vistas à execução oportuna de ações de prevenção e controle relacionados à qualidade do ar interior.

## ANEXO 3

Ambientes <sup>(a)</sup>	Nível de Risco <sup>(b)</sup>	Situação a Controlar <sup>(c)</sup>	Condição <sup>(a)</sup>
<b>Atendimento Ambulatorial</b>			
<b>Enfermagem</b>			
Sala de inalação	2	AgB, AgQ	Exaustão. Para procedimentos de inalação de pentamidina adotar 100% de renovação de ar exterior ou recirculação do ar somente para a própria sala após filtragem F7 + A3.
<b>Atendimento Imediato</b>			
<b>Atendimento de urgências e emergências</b>			
Sala de procedimentos especiais (invasivos)	2	AgB	Pressão positiva.
Sala de emergência (politraumatismo, parada cardíaca)	2	AgB	-
Sala sob precauções de isolamento <sup>(e)</sup>	2	AgB	100% de renovação de ar exterior ou recirculação do ar somente para a própria sala após filtragem F7 + A3.
<b>Internação</b>			
<b>Internação geral</b>			
Quarto para internação de imunodeprimidos	3	AgB	Pressão positiva.
Quarto para paciente sob precaução de isolamento para infecção transmitida pelo ar <sup>(e)</sup>	3	AgB	Pressão negativa. 100% de renovação de ar exterior ou recirculação do ar somente para a própria sala após filtragem F7 + A3.
<b>Internação de recém nascido</b>			
Berçário de cuidados intensivos (UTI neonatal)	2	AgB, TE	Pressão positiva. Temperatura de bulbo seco entre 22°C e 26°C, controlável a critério da equipe médica.
<b>Internação intensiva (UTI/CTI)</b>			
Quarto ou área coletiva	2	AB	Pressão positiva.
Quarto para internação de imunodeprimidos	3	AgB	Pressão positiva.
Quarto para paciente sob precaução de isolamento para infecção transmitida pelo ar <sup>(e)</sup>	3	AgB	Pressão negativa. 100% de renovação de ar exterior ou recirculação do ar somente para a própria sala após filtragem F7 + A3.
<b>Internação para tratamento intensivo de queimados – UTQ</b>			
Quarto ou enfermaria (para pacientes não expostos)	2	AgB, TE	Pressão positiva. Temperatura de bulbo seco entre 26°C e 30°C, controlável a critério da equipe médica. Umidade relativa entre 60% e 70%.
Quarto ou enfermaria (para pacientes expostos)	3	AgB, TE	Pressão positiva. Temperatura de bulbo seco entre 26°C e 30°C, controlável a critério da equipe médica. Umidade relativa entre

Variáveis Físicas, Químicas e Níveis de Risco.

Ambientes <sup>(a)</sup>	Nível de Risco <sup>(b)</sup>	Situação a Controlar <sup>(c)</sup>	Condição <sup>(d)</sup>
			60% e 70%.
<b>Apoio ao Diagnóstico e Terapia</b>			
<b>Patologia clínica</b>			
Sala do Laboratório - Nível de Biossegurança 2 - NB 2 <sup>(f)</sup>	1	AgB, AgQ	-
Sala do Laboratório - Nível de Biossegurança 3 - NB 3 <sup>(f)</sup>	3	AgB, AgQ	Pressão negativa. Exaustão.
<b>Imagemologia</b>			
Salas de comando e componentes técnicos	1	EQ	Verificar o manual do fabricante quanto às condições de temperatura e umidade.
Hemodinâmica - Sala de exame	2	AgB, EQ	Verificar o manual do fabricante quanto às condições de temperatura e umidade.
Salas de exame (outros)	1	EQ	Verificar o manual do fabricante quanto às condições de temperatura e umidade.
Sala de exame de endoscopia / colonoscopia	1	AgB, AgQ	-
Sala de exame de broncoscopia	2	AgB, AgQ	Pressão negativa. 100% de renovação de ar exterior ou recirculação do ar somente para a própria sala após filtragem F7 + A3.
Sala de preparo de equipamentos / materiais endoscópicos	1	AgB, AgQ	Pressão negativa. Exaustão.
<b>Anatomia patológica e citopatologia</b>			
Sala de macroscopia (descrição e lavagem, área de armazenamento de peças)	1	AgB, AgQ	Pressão negativa. Exaustão.
Sala de necropsia	1	AgB, AgQ	Pressão negativa. Exaustão.
<b>Medicina nuclear</b>			
Laboratório de manipulação e estoque de fontes em uso	1	AgR	Atender especificações da CNEN.
Laboratório radioimunoensaio	1	AgR	Atender especificações da CNEN.
Sala de exame (gama-câmara e cintilógrafo)	1	AgR, EQ	Verificar o manual do fabricante quanto às condições de temperatura e umidade.
<b>Centro cirúrgico</b>			
Sala de indução anestésica	1	AgB, AgQ	-
Sala de cirurgia	2	AgB, AgQ	Pressão positiva. Temperatura de bulbo seco entre 18°C e 22°C, controlável a critério da equipe médica. Umidade relativa entre 45% e 55%.
Sala de cirurgia especializada (ortopedia, neurologia, cardiologia, transplante)	3	AgB, AgQ	Pressão positiva. Temperatura de bulbo seco entre 18°C e 22°C, controlável a critério da equipe médica. Umidade relativa entre 45% e 55%.

Ambientes <sup>(a)</sup>	Nível de Risco <sup>(b)</sup>	Situação a Controlar <sup>(c)</sup>	Condição <sup>(d)</sup>
Sala de apoio às cirurgias especializadas	2	AgB	Pressão positiva.
Área de recuperação pós-anestésica	1	AgB	-
<b>Centro obstétrico</b>			
Sala de indução anestésica	1	AgB, AgQ	-
Sala de parto normal	1	AgB	-
Sala de parto cirúrgico	2	AgB, AgQ	Pressão positiva. Temperatura de bulbo seco entre 18°C e 22°C, controlável a critério da equipe médica. Umidade relativa entre 45% e 55%.
Área de recuperação pós-anestésica	1	AgB	-
<b>Hemoterapia e hematologia</b>			
Sala para processamento de sangue	1	TE	Temperatura de bulbo seco entre 20°C a 24°C.
<b>Radioterapia</b>			
Sala de simulação	1	EQ	Verificar o manual do fabricante quanto às condições de temperatura e umidade.
Salas de terapia (braquiterapia invasiva)	2	AgB	Pressão positiva.
Salas de terapia (braquiterapia não invasiva)	1	AgB	-
Salas de terapia (bomba de cobalto, acelerador linear e ortovoltagem)	1	EQ	Verificar o manual do fabricante quanto às condições de temperatura e umidade.
<b>Diálise</b>			
Sala de reprocessamento de dializadores (Hepatite C, HbsAg+ e não contaminados)	1	AgB, AgQ	Pressão negativa. 100% de renovação de ar exterior.
<b>Apoio Técnico</b>			
<b>Nutrição enteral</b>			
Sala de manipulação e envase <sup>(g)</sup>	1	AgB	-
<b>Lactário</b>			
Área para preparo e envase de fórmulas lácteas e não lácteas	1	AgB	-
<b>Farmácia</b>			
Sala para preparo e distribuição de germicidas	1	AgQ	Exaustão. 100% de renovação de ar exterior.
Sala de limpeza e higienização de insumos para manipulação enteral	1	AgB	Exaustão. 100% de renovação de ar exterior.
Sala de preparo de quimioterápicos <sup>(f)</sup>	1	AgQ	Exaustão local.
Sala de manipulação de nutrição parenteral <sup>(h)</sup>	3	AgB	Pressão positiva.
<b>Central de material esterilizado</b>			
Área para recepção, descontaminação e separação de materiais	1	AgB, AgQ	Pressão negativa. Exaustão forçada de todo o ar do ambiente, com descarga para o exterior.
Área para lavagem de materiais	1	AgB	Pressão negativa. Exaustão forçada de todo o ar do ambiente, com descarga para o exterior.
Área para preparo de materiais e roupa limpa	1	AgB	-

Ambientes <sup>(a)</sup>	Nível de Risco <sup>(b)</sup>	Situação a Controlar <sup>(c)</sup>	Condição <sup>(a)</sup>
Área para esterilização física	1	AgB	Pressão positiva. Exaustão forçada de todo o ar do ambiente, com descarga para o exterior.
Área para esterilização química líquida	1	AgB, AgQ	Pressão negativa. Exaustão forçada de todo o ar do ambiente, com descarga para o exterior.
Sala de aeração para ETO <sup>(f)</sup>	1	AgB, AgQ	Pressão negativa. Exaustão.
Sala de armazenagem e distribuição de materiais e roupa esterilizados	1	AgB	Pressão positiva. Temperatura de bulbo seco entre 21°C e 25°C. Umidade relativa entre 30% e 60%.
<b>Apoio Logístico</b>			
<b>Processamento de roupa</b>			
Sala para recebimento, pesagem, classificação e lavagem (área suja)	3	AgB	Pressão negativa. Exaustão forçada de todo o ar do ambiente, com descarga para o exterior.
Sala de processamento (centrifugação, secagem, costura, passagem, separação, dobragem, armazenagem e distribuição (área limpa).	0	-	Pressão positiva.
Sala do gerador de ozônio	1	AgQ	Pressão negativa. Exaustão forçada de todo o ar do ambiente, com descarga para o exterior.
<b>Revelação de filmes e chapas</b>			
Sala de revelação (câmara escura)	1	AgQ	Pressão negativa. Exaustão forçada de todo o ar do ambiente, com descarga para o exterior.

**Notas:**

a) A coluna **Ambiente** contém a listagem e nomenclatura dos ambientes conforme Resolução ANVISA RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002.

b) A coluna **Nível de Risco** contém a classificação dos possíveis riscos de ocorrência de eventos adversos por exposição ao ar ambiental, conforme item 1.4.

c) A coluna **Situação a Controlar** indica os tipos de agentes e situações a serem controlados:

AgB - Agente Biológico AgQ - Agente Químico AgR - Agente Radiológico

EQ - Condições especiais para funcionamento do equipamento

– consultar o fabricante

TE - Terapias ou processos especiais

d) As informações contidas na coluna **Condição** estabelecem as principais medidas de controle a serem seguidas, em função do nível de risco e da situação de controle do ambiente. Essas informações se complementam com a norma ABNT NBR 7256 – Tratamento de ar em estabelecimentos de saúde. Vide item 2.5.2, b.

e) Vide Nota Técnica sobre Síndrome Respiratória Aguda Grave – SRAG do DENSP/FUNASA/MS, de 30 de junho de 2003.

f) Estes ambientes requerem complementarmente a instalação de Cabines de Segurança Biológicas como equipamentos de proteção coletiva.

g) Vide Resolução da ANVISA/MS RDC nº 63, de 6 de julho de 2000.

h) Vide Portaria do Ministério da Saúde nº 272, de 8 de abril de 1998.

i) Vide Portaria Interministerial nº 482, de 16 de abril de 1999.

## ANEXO 4

**Norma Técnica 001**

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem.

Determinação da Temperatura, Umidade e Velocidade do Ar em Ambientes Interiores.

**MÉTODO ANALÍTICO**

**OBJETIVO:** Pesquisa, monitoramento e controle do processo de climatização de ar em ambientes climatizados.

**APLICABILIDADE:** Ambientes interiores, em serviços de saúde.

**MARCADORES:** Temperatura do ar (°C)

- Umidade do ar (%)
- Velocidade do ar (m/s)

**MÉTODO DE AMOSTRAGEM:** Equipamentos de leitura direta. Termo-higrômetro e Termo-anemômetro.

**PERIODICIDADE:** Definida pelo responsável do Programa de Controle de Qualidade Ambiental.

**FICHA TÉCNICA DOS AMOSTRADORES:**

<b>Amostrador:</b> Leitura Direta - Termo-higrômetro.	
<b>Princípio de operação:</b> Sensor de temperatura do tipo termo-resistência. Sensor de umidade do tipo capacitivo ou por condutividade elétrica.	
<b>Calibração:</b> Anual	<b>Faixa:</b> 0° C a 70° C de temperatura 5% a 95 % de umidade <b>Exatidão:</b> ± 0,8 ° C de temperatura ± 5% do valor medido de umidade
<b>Amostrador:</b> Leitura Direta –Anemômetro.	
<b>Princípio de operação:</b> Preferencialmente sensor de velocidade do ar do tipo fio aquecido ou fio térmico.	
<b>Calibração:</b> Anual	<b>Faixa:</b> de 0 a 10 m/s <b>Exatidão:</b> ± 0,03 m/s (± 4% do valor medido)

**ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:** Selecionar 01 amostra de ar interior por unidade, obedecendo aos critérios de classificação de nível de risco, descrito na tabela do Apêndice I.

Os pontos amostrais deverão ser distribuídos uniformemente e coletados com o amostrador localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente ou em zona

ocupada, para o Termo-higrômetro e no espectro de ação do difusor para o Anemômetro.

**RESPONSABILIDADE TÉCNICA:** Considera como responsável técnico, o profissional que tem competência legal para exercer as atividades descritas nas análises preconizadas, em conformidade com a regulamentação profissional vigente no país.

## ANEXO 5

**Norma Técnica 002**

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise de Bioaerossol (partículas biológicas viáveis) em Ambientes Interiores.

**MÉTODO ANALÍTICO**

**OBJETIVO:** Pesquisa, monitoramento e controle ambiental da possível colonização, multiplicação e disseminação de bactérias e fungos em ar ambiental interior.

**DEFINIÇÕES:** Bioaerossol: Suspensão de microrganismos viáveis dispersos

**Marcador epidemiológico:** Elemento aplicável à pesquisa, que determina a qualidade do ar ambiental.

**APLICABILIDADE:** Ambientes interiores, em serviços de saúde. **MARCADOR EPIDEMIOLOGICO:** Bactérias e fungos viáveis.

**MÉTODO DE AMOSTRAGEM:** Amostrador de ar por impactação com acelerador linear.

**PERIODICIDADE:** Definida pelo responsável do Programa de Controle de Qualidade Ambiental.

**FICHA TÉCNICA DOS AMOSTRADORES:**

<b>Amostrador:</b> Impactador 1, 2 ou 6 estágios.	
<b>Meio de Cultivo:</b> Bactérias – Agar Sangue de carneiro ou outro, desde que cientificamente validado.	
Fungos - Agar Extrato de Malte, Agar Sabouraud Destrose a 4%, Agar Batata Dextrose ou outro, desde que cientificamente validado.	
<b>Taxa de Vazão:</b> 25 a 35 l/min, recomendada 28,3 l/min.	
<b>Tempo de Amostragem:</b> 10 a 15 min. Em áreas consideradas comuns utilizar a norma técnica descrita na Resolução ANVISA RE nº 9.	
<b>Volume Mínimo:</b> 250 l	
<b>Volume Máximo:</b> 525 l	
<b>Embalagem:</b> Rotina de embalagem para proteção da amostra com nível de biossegurança 2 (recipiente lacrado, devidamente identificado com símbolo de risco biológico).	
<b>Transporte:</b> Rotina de embalagem para proteção da amostra com nível de biossegurança 2 (recipiente lacrado, devidamente identificado com símbolo de risco biológico).	
<b>Calibração:</b> Semestral	<b>Exatidão:</b> ± 0,02 l/min
	<b>Precisão:</b> ± 99,92 %

**ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:**

- Selecionar 01 amostra de ar interior por unidade, obedecendo aos critérios de classificação de nível de risco, descrito na tabela do Apêndice I.
- O amostrador deve estar localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente

**PROCEDIMENTO LABORATORIAL:** Método de cultivo e quantificação segundo normatizações universalizadas. Tempo mínimo de incubação de 48 horas a 37° C para bactérias e 7 dias a 25° C para fungos, permitindo o total crescimento dos fungos. Na vigência de procedimentos de identificação, estas deverão se iniciar apenas após o período mínimo de incubação.

**RESPONSABILIDADE TÉCNICA:** Considera como responsável técnico, o profissional que tem competência legal para exercer as atividades descritas nas análises preconizadas, em conformidade com a regulamentação profissional vigente no país.

## ANEXO 6

**Norma Técnica 003**

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise de Concentração de Aerodispersóides em Ambientes Interiores.

**2.9 MÉTODO ANALÍTICO**

**OBJETIVO:** Pesquisa, monitoramento e controle de aerossóis totais em ambientes interiores climatizados.

**APLICABILIDADE:** Ambientes interiores, em serviços de saúde.

**MARCADOR EPIDEMIOLÓGICO:** Poeira Total (mg/m<sup>3</sup>).

**MÉTODO DE AMOSTRAGEM:** Coleta de aerossóis por filtração (MB-3422 da ABNT).

**PERIODICIDADE:** Definida pelo responsável do Programa de Controle de Qualidade Ambiental.

**2.10 FICHA TÉCNICA DOS AMOSTRADORES:**

<p><b>Amostrador:</b> Unidade de captação constituída por filtros de PVC, diâmetro de 37 mm e porosidade de 5 µm de diâmetro de poro específico para poeira total a ser coletada; Suporte de filtro em disco de celulose; Porta-filtro em plástico transparente com diâmetro de 37 mm.</p> <p><b>Aparelhagem:</b> Bomba de amostragem, que mantenha ao longo do período de coleta, a vazão inicial de calibração com variação de máxima de 5%.</p>	
<p><b>Taxa de Vazão:</b> 1,0 a 3,0 l/min, recomendado 2,0 l/min.</p> <p><b>Volume Mínimo:</b> 50 l</p> <p><b>Volume Máximo:</b> 400 l</p> <p><b>Tempo de Amostragem:</b> 50 l ⇨ 17 min; 400 l ⇨ 133 min</p> <p><b>Embalagem:</b> Rotina</p> <p><b>Transporte:</b></p>	
<p><b>Calibração:</b> Semestral</p> <p><b>Ajuste:</b> em todo procedimento, quando o aparelho permitir.</p>	<p><b>Exatidão:</b> ± 5% do valor medido</p>

PROCEDIMENTO DE COLETA: MB-3422 da ABNT.

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO DAS BOMBAS: NBR-10.562 da ABNT

PROCEDIMENTO LABORATORIAL: NHO 03 da FUNDACENTRO

**ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:** Selecionar 01 amostra de ar interior por unidade, obedecendo aos critérios de classificação de nível de risco, descrito na tabela do Apêndice I. O amostrador deve estar localizado na altura de 1,50 m do piso, no centro do ambiente.

**RESPONSABILIDADE TÉCNICA:** Considera como responsável técnico, o profissional que tem competência legal para exercer as atividades descritas nas análises preconizadas, em conformidade com a regulamentação profissional vigente no país.

## ANEXO 7

## Norma Técnica 004

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise de Concentração de Aerodispersóides em Ambientes Interiores.

## 2.11 MÉTODO ANALÍTICO

**OBJETIVO:** Pesquisa, monitoramento e controle de aerossóis respiráveis em ambientes interiores climatizados.

**APLICABILIDADE:** Ambientes interiores, em serviços de saúde. **MARCADOR EPIDEMIOLÓGICO:** Partículas respiráveis (mg/m<sup>3</sup>). **MÉTODO DE AVALIAÇÃO:** Contador a laser (Dust Count).

**PERIODICIDADE:** Definida pelo responsável do Programa de Controle de Qualidade Ambiental.

## 2.12 FICHA TÉCNICA DOS AMOSTRADORES:

Amostrador: Leitura Direta.	
Princípio de operação: Sensor de captação do desvio de um feixe de raio laser.	
Calibração: Anual	Faixa: partículas entre 0,3 $\mu$ a 5,0 $\mu$ partículas entre 0,5 $\mu$ a 7,0 $\mu$

**ESTRATÉGIA DE AVALIAÇÃO:**

Selecionar 01

ponto de amostragem, obedecendo aos critérios de classificação de nível de risco, descrito na tabela do Apêndice I e proceder a duas avaliações subsequentes. O resultado deverá ser expresso na média das duas avaliações em mg/m<sup>3</sup>, por leitura direta se o equipamento permitir ou através do cálculo matemático.

O amostrador

deve estar localizado na altura de 1,50 m do piso, no centro do ambiente.

**RESPONSABILIDADE TÉCNICA:** Considera como responsável técnico, o profissional que tem competência legal para exercer as atividades descritas nas análises preconizadas, em conformidade com a regulamentação profissional vigente no país.

## ANEXO 8

## RESOLUÇÃO - RE Nº 9, DE 16 DE JANEIRO DE 2003

O Diretor da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, no uso da atribuição que lhe confere a Portaria nº 570, do Diretor Presidente, de 3 de outubro de 2002;

Considerando o § 3º, do art. 111 do Regimento Interno aprovado pela Portaria n.º 593, de 25 de agosto de 2000, republicada no DOU de 22 de dezembro de 2000,

Considerando a necessidade de revisar e atualizar a RE/ANVISA nº 176, de 24 de outubro de 2000, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo, frente ao conhecimento e a experiência adquiridos no país nos dois primeiros anos de sua vigência;

Considerando o interesse sanitário na divulgação do assunto;

Considerando a preocupação com a saúde, a segurança, o bem-estar e o conforto dos ocupantes dos ambientes climatizados;

Considerando o atual estágio de conhecimento da comunidade científica internacional, na área de qualidade do ar ambiental interior, que estabelece padrões referenciais e/ou orientações para esse controle;

Considerando o disposto no art. 2º da Portaria GM/MS n.º 3.523, de 28 de agosto de 1998;

Considerando que a matéria foi submetida à apreciação da Diretoria Colegiada que a aprovou em reunião realizada em 15 de janeiro de 2003, resolve:

Art. 1º Determinar 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, em anexo.

Art. 2º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação. CLÁUDIO MAIEROVITCH PESSANHA HENRIQUES ORIENTAÇÃO TÉCNICA ELABORADA POR GRUPO TÉCNICO ASSESSOR SOBRE PADRÕES REFERENCIAIS DE QUALIDADE DO AR INTERIO R EM AMBIENTES CLIMATIZADOS ARTIFICIALMENTE DE USO PÚBLICO E COLETIVO

I - HISTÓRICO

O Grupo Técnico Assessor de estudos sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, foi constituído pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, no âmbito da Gerência Geral de Serviços da Diretoria de Serviços e Correlatos e instituído por membros das seguintes instituições:

Sociedade Brasileira de Meio Ambiente e de Qualidade do Ar de Interiores/BRASINDOOR, Laboratório Noel Nutels

Instituto de Química da UFRJ, Ministério do Meio Ambiente, Faculdade de Medicina da USP, Organização Panamericana de Saúde/OPAS, Fundação Oswaldo Cruz/FIOCRUZ, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO/MTb, Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial/INMETRO, Associação Paulista de Estudos e Controle de Infecção Hospitalar/APECIH e, Serviço de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde/RJ, Instituto de Ciências Biomédicas - ICB/USP e Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

Reuniu-se na cidade de Brasília/DF, durante o ano de 1999 e primeiro semestre de 2000, tendo como metas:

- a. estabelecer critérios que informem a população sobre a qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, cujo desequilíbrio poderá causar agravos a saúde dos seus ocupantes;
- b. instrumentalizar as equipes profissionais envolvidas no controle de qualidade do ar interior, no planejamento, elaboração, análise e execução de projetos físicos e nas ações de inspeção de ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.

Reuniu-se na cidade de Brasília/DF, durante o ano de 2002, tendo como metas:

1. Promover processo de revisão na Resolução ANVISA-RE 176/00
2. Atualiza-la frente a realidade do conhecimento no país.
3. Disponibilizar informações sobre o conhecimento e a experiência adquirida nos dois primeiros anos de vigência da RE 176.

## 7.1 II- ABRANGÊNCIA

O Grupo Técnico Assessor elaborou a seguinte Orientação Técnica sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, no que diz respeito a definição de **VMR** ~~valores máximos recomendáveis~~ para contaminação biológica, química e parâmetros físicos do ar interior, a identificação das fontes poluentes de natureza biológica, química e física, métodos analíticos (Normas Técnicas 001, 002, 003 e 004) e as recomendações para controle (Quadros I e II).

Recomendou que os padrões referenciais adotados por esta Orientação Técnica sejam aplicados aos ambientes climatizados de uso público e coletivo já existentes e aqueles a serem instalados. Para os ambientes climatizados de uso restrito, com exigências de filtros absolutos ou instalações especiais, tais como os que atendem a processos produtivos, instalações hospitalares e outros, sejam aplicadas

as normas e regulamentos específicos.

## 7.2 III - DEFINIÇÕES

Para fins desta Orientação Técnica são adotadas as seguintes definições, complementares às adotadas na Portaria GM/MS n.º 3.523/98:

- a) Aerodispersóides: sistema disperso, em um meio gasoso, composto de partículas sólidas e/ou líquidas. O mesmo que aerosol ou aerossol.
- b) Ambiente aceitável: ambientes livres de contaminantes em concentrações potencialmente perigosas à saúde dos ocupantes ou que apresentem um mínimo de 80% dos ocupantes destes ambientes sem queixas ou sintomatologia de desconforto, 2
- c) Ambientes climatizados: são os espaços fisicamente determinados e caracterizados por dimensões e instalações próprias, submetidos ao processo de climatização, através de equipamentos.
- d) Ambiente de uso público e coletivo: espaço fisicamente determinado e aberto a utilização de muitas pessoas.
- e) Ar condicionado: é o processo de tratamento do ar, destinado a manter os requerimentos de Qualidade do Ar Interior do espaço condicionado, controlando variáveis como a temperatura, umidade, velocidade, material particulado, partículas biológicas e teor de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- f) Padrão Referencial de Qualidade do Ar Interior: marcador qualitativo e quantitativo de qualidade do ar ambiental interior, utilizado como sentinela para determinar a necessidade da busca das fontes poluentes ou das intervenções ambientais
- g) Qualidade do Ar Ambiental Interior: Condição do ar ambiental de interior, resultante do processo de ocupação de um ambiente fechado com ou sem climatização artificial.
- h) Valor Máximo Recomendável: Valor limite recomendável que separa as condições de ausência e de presença do risco de agressão à saúde humana.

## IV- PADRÕES REFERENCIAIS

Recomenda os seguintes Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados de uso público e coletivo.

≤ - O Valor Máximo Recomendável - VMR, para contaminação microbiológica deve ser 750 ufc/m<sup>3</sup> de fungos, para a 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.

**NOTA:** A relação I/E é exigida como forma de avaliação frente ao conceito de normalidade, representado pelo meio ambiente exterior e a tendência epidemiológica de amplificação dos poluentes nos ambientes fechados.

- 1.1 - Quando o VMR for ultrapassado ou a relação I/E for > 1,5, é necessário fazer um diagnóstico de fontes poluentes para uma intervenção corretiva.
- 1.2 - É inaceitável a presença de fungos patogênicos e toxigênicos.
- 2 - Os **VMR** ~~Valores Máximos Recomendáveis~~ para contaminação química são:
  - 2.1 - 1000 ppm de dióxido de carbono - ( CO<sub>2</sub> ) , como indicador de

renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar<sup>2</sup>.

2.2 - 80 µg/m<sup>3</sup> de aerodispersóides totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado<sup>4</sup>.

**NOTA:** Pela falta de dados epidemiológicos brasileiros é mantida a recomendação como indicador de renovação do ar o valor = 1000 ppm de Dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>

3 - Os valores recomendáveis para os parâmetros físicos de temperatura, umidade, velocidade e taxa de renovação do ar e de grau de pureza do ar, deverão estar de acordo com a NBR 6401 - Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto

- Parâmetros Básicos de Projeto da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas<sup>5</sup>.

3.1 - A faixa recomendável de operação das Temperaturas de Bulbo Seco, nas condições internas para verão, deverá variar de 23°C a 26°C, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 21°C e 23°C. A faixa máxima de operação deverá variar de 26,5°C a 27°C, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 28°C. A seleção da faixa depende da finalidade e do local da instalação. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 20°C a 22°C.

3.2 - A faixa recomendável de operação da Umidade Relativa, nas condições internas para verão, deverá variar de 40% a 65%, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 40% e 55% durante todo o ano. O valor máximo de operação deverá ser de 65%, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 70%. A seleção da faixa depende da finalidade e do local da instalação. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 35% a 65%.

3.3 - O Valor Máximo Recomendável - VMR de operação da Velocidade do Ar, no nível de 1,5m do piso, na região de influência da distribuição do ar é de menos 0,25 m/s.

3.4 - A Taxa de Renovação do Ar adequada de ambientes climatizados será, no mínimo, de 27 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/hora/pessoa, não sendo admitido em qualquer situação que os ambientes possuam uma concentração de CO<sub>2</sub>, maior ou igual a estabelecida em IV-2.1, desta Orientação Técnica.

3.5 - A utilização de filtros de classe G1 é obrigatória na captação de ar exterior.

O Grau de Pureza do Ar nos ambientes climatizados será obtido utilizando-se, no mínimo, filtros de classe G-3 nos condicionadores de sistemas centrais, minimizando o acúmulo de sujidades nos dutos, assim como reduzindo os níveis de material particulado no ar insuflado<sup>2</sup>.

Os padrões referenciais adotados complementam as medidas básicas definidas na Portaria GM/MS n.º 3.523/98, de 28 de agosto de 1998, para efeito de reconhecimento, avaliação e controle da Qualidade do Ar Interior nos ambientes climatizados. Deste modo poderão subsidiar as decisões do responsável técnico pelo gerenciamento do sistema de climatização, quanto a definição de periodicidade dos

procedimentos de limpeza e manutenção dos componentes do sistema, desde que asseguradas as frequências mínimas para os seguintes componentes, considerados como reservatórios, amplificadores e disseminadores de poluentes.

<b>Componente</b>	<b>Periodicidade</b>
Tomada de ar externo	Limpeza mensal ou quando descartável até sua obliteração (máximo 3 meses)
Unidades filtrantes	Limpeza mensal ou quando descartável até sua obliteração (máximo 3 meses)
Bandeja de condensado	Mensal*
Serpentina de aquecimento	Desencrustação semestral e limpeza trimestral
Serpentina de resfriamento	Desencrustação semestral e limpeza trimestral
Umidificador	Desencrustação semestral e limpeza trimestral
Ventilador	Semestral
Plenum de mistura/casa de máquinas	Mensal

\* - Excetuando na vigência de tratamento químico contínuo que passa a respeitar a periodicidade indicada pelo fabricante do produto utilizado.

## V - FONTES POLUENTES

Recomenda que sejam adotadas para fins de pesquisa e com o propósito de levantar dados sobre a realidade brasileira, assim como para avaliação e correção das situações encontradas, as possíveis fontes de poluentes informadas nos Quadros I e II.

## QUADRO I

Possíveis fontes de poluentes biológicos

Agentes biológicos	Principais fontes em ambientes interiores	Principais Medidas de correção em ambientes interiores
Bactérias	Reservatórios com água estagnada, torres de resfriamento, bandejas de condensado, desumificadores, umidificadores, serpentinas de condicionadores de ar e superfícies úmidas e quentes.	Realizar a limpeza e a conservação das torres de resfriamento; higienizar os reservatórios e bandejas de condensado ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes; eliminar as infiltrações; higienizar as superfícies.
Fungos	Ambientes úmidos e demais fontes de multiplicação fúngica, como materiais porosos orgânicos úmidos, forros, paredes e isolamentos úmidos; ar externo, interior de condicionadores e dutos sem manutenção, vasos de terra com plantas.	Corrigir a umidade ambiental; manter sob controle rígido vazamentos, infiltrações e condensação de água; higienizar os ambientes e componentes do sistema de climatização ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes; eliminar materiais porosos contaminados; eliminar ou restringir vasos de plantas com cultivo em terra, ou substituir pelo cultivo em água (hidroponia); utilizar filtros G-1 na renovação do ar externo.
Protozoários	Reservatórios de água contaminada, bandejas e umidificadores de condicionadores sem manutenção.	Higienizar o reservatório ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes.
Vírus	Hospedeiro humano.	Adequar o número de ocupantes por m <sup>2</sup> de área com aumento da renovação de ar; evitar a presença de pessoas infectadas nos ambientes climatizados
Algas	Torres de resfriamento e bandejas de condensado.	Higienizar os reservatórios e bandejas de condensado ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes.
Pólen	Ar externo.	Manter filtragem de acordo com NBR-6401 da ABNT
Artrópodes	Poeira caseira.	Higienizar as superfícies fixas e mobiliário, especialmente os revestidos com tecidos e tapetes; restringir ou eliminar o uso desses revestimentos.
Animais	Roedores, morcegos e aves.	Restringir o acesso, controlar os roedores, os morcegos, ninhos de aves e respectivos excrementos.

QUADRO II  
Possíveis fontes de poluentes químicos <sup>7</sup>

Agentes químicos	Principais fontes em ambientes interiores	Principais medidas de correção em ambientes interiores
CO	Combustão (cigarros, queimadores de fogões e veículos automotores).	Manter a captação de ar exterior com baixa concentração de poluentes; restringir as fontes de combustão; manter a exaustão em áreas em que ocorre combustão; eliminar a infiltração de CO proveniente de fontes externas; restringir o tabagismo em áreas fechadas.
CO <sub>2</sub>	Produtos de metabolismo humano e combustão.	Aumentar a renovação de ar externo; restringir as fontes de combustão e o tabagismo em áreas fechadas; eliminar a infiltração de fontes externas.
NO <sub>2</sub>	Combustão.	Restringir as fontes de combustão; manter a exaustão em áreas em que ocorre combustão; impedir a infiltração de NO <sub>2</sub> proveniente de fontes externas; restringir o tabagismo em áreas fechadas.
O <sub>3</sub>	Máquinas copiadoras e impressoras a laser .	Adotar medidas específicas para reduzir a contaminação dos ambientes interiores, com exaustão do ambiente ou enclausuramento em locais exclusivos para os equipamentos que apresentem grande capacidade de produção de O <sub>3</sub> .
Formaldeído	Materiais de acabamento, mobiliário, cola, produtos de limpeza domissanitários	Selecionar os materiais de construção, acabamento e mobiliário que possuam ou emitam menos formaldeído; usar produtos domissanitários que não contenham formaldeído.
Material particulado	Poeira e fibras.	Manter filtragem de acordo com NBR-6402 da ABNT; evitar isolamento termo-acústico que possa emitir fibras minerais, orgânicas ou sintéticas para o ambiente climatizado; reduzir as fontes internas e externas; higienizar as superfícies fixas e mobiliários sem o uso de vassouras, escovas ou espanadores; selecionar os materiais de construção e acabamento com menor porosidade; adotar medidas específicas para reduzir a contaminação dos ambientes interiores (vide biológicos); restringir o tabagismo em áreas fechadas.
Fumo de tabaco	Queima de cigarro, charuto, cachimbo, etc.	Aumentar a quantidade de ar externo admitido para renovação e/ou exaustão dos poluentes; restringir o tabagismo em áreas fechadas.

COV	Cera, mobiliário, produtos usados em limpeza e domissanitários, solventes, materiais de revestimento, tintas, colas, etc.	Selecionar os materiais de construção, acabamento, mobiliário; usar produtos de limpeza e domissanitários que não contenham COV ou que não apresentem alta taxa de volatilização e toxicidade.
COS-V	Queima de combustíveis e utilização de pesticidas.	Eliminar a contaminação por fontes pesticidas, inseticidas e a queima de combustíveis; manter a captação de ar exterior afastada de poluentes.

COV - Compostos Orgânicos Voláteis.

COS-V - Compostos Orgânicos Semi- Voláteis.

Observações - Os poluentes indicados são aqueles de maior ocorrência nos ambientes de interior, de efeitos conhecidos na saúde humana e de mais fácil detecção pela estrutura laboratorial existente no país.

Outros poluentes que venham a ser considerados importantes serão incorporados aos indicados, desde que atendam ao disposto no parágrafo anterior.

## VI - AVALIAÇÃO E CONTROLE

Recomenda que sejam adotadas para fins de avaliação e controle do ar ambiental interior dos ambientes climatizados de uso coletivo, as seguintes Normas Técnicas 001, 002, 003 e 004.

Na elaboração de relatórios técnicos sobre qualidade do ar interior, é recomendada a NBR-10.719 da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

1 World Health Organization. Indoor air quality: biological contaminants; Copenhagen, Denmark, 1983 (European Series nº 31).

2 American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. ASHRAE Standard 62 - Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 2001

3 Kulcsar Neto, F & Siqueira, LFG. Padrões Referenciais para Análise de Resultados de Qualidade Microbiológica do Ar em Interiores Visando a Saúde Pública no Brasil - Revista da Brasindoor . 2 (10): 4-21,1999.

4 Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, Resolução n.º 03 de 28/06/1990.

5 ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6401 - Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto - Parâmetros Básicos de Projeto, 1980.

6 Siqueira, LFG & Dantas, EHM. Organização e Métodos no Processo de Avaliação da Qualidade do Ar de Interiores - Revista da Brasindoor, 3 (1): 19-26, 1999.

7 Aquino Neto, F.R; Brickus, L.S.R. Padrões Referenciais para Análise de Resultados da Qualidade Físico-química do Ar de Interior Visando a Saúde Pública. Revista da Brasindoor, 3(2):4 -15,1999

### 2.20 NORMA TÉCNICA 001

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise de

Bioaerosol em Ambientes Interiores.

## 2.21 MÉTODO ANALÍTICO

**OBJETIVO:** Pesquisa, monitoramento e controle ambiental da possível colonização, multiplicação e disseminação de fungos em ar ambiental interior.

## 2.22 DEFINIÇÕES

**Bioaerosol:** Suspensão de microorganismos (organismos viáveis) dispersos no ar.

**Marcador epidemiológico:** Elemento aplicável à pesquisa, que determina a qualidade do ar ambiental.

**APLICABILIDADE:** Ambientes de interior climatizados, de uso coletivo, destinados a ocupações comuns (não especiais).

**MARCADOR EPIDEMIOLÓGICO:** Fungos viáveis.

**MÉTODO DE AMOSTRAGEM:** Amostrador de ar por impactação com acelerador linear.

**PERIODICIDADE:** Semestral.

FICHA TÉCNICA DO AMOSTRADOR:

<b>Amostrador:</b> Impactador de 1, 2 ou 6 estágios.	
<b>Meio de Cultivo:</b> Agar Extrato de Malte, Agar Sabouraud Dextrose a 4%, Agar Batata Dextrose ou outro, desde que cientificamente validado.	
<b>Taxa de Vazão:</b> fixa entre 25 a 35 l/min, sendo recomendada 28,3 l/min.	
<b>Tempo de Amostragem:</b> de 5 a 15 minutos, dependendo das especificações do amostrador. <b>Volume Mínimo:</b> 140 l	
<b>Volume Máximo:</b> 500 l	
<b>Embalagem:</b> Rotina de embalagem para proteção da amostra com nível de biossegurança 2 (recipiente lacrado, devidamente identificado com símbolo de risco biológico)	
<b>Transporte:</b> Rotina de embalagem para proteção da amostra com nível de biossegurança 2 (recipiente lacrado, devidamente identificado com símbolo de risco biológico)	
Nota: Em áreas altamente contaminadas, pode ser recomendável uma amostragem com tempo e volume menores.	
<b>Calibração:</b> Semestral	<b>Exatidão:</b> ± 0,02 l/min. <b>Precisão:</b> ± 99,92 %

## 2.23 ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:

- selecionar 01 amostra de ar exterior localizada fora da estrutura predial na altura de 1,50 m do nível da rua.

- Definir o número de amostras de ar interior, tomando por base a área construída climatizada dentro de uma mesma edificação e razão social, seguindo a tabela abaixo:

Área construída (m <sup>2</sup> )	Número mínimo de amostras
Até 1.000	1
1.000 a 2.000	3
2.000 a 3.000	5
3.000 a 5.000	8
5.000 a 10.000	12
10.000 a 15.000	15
15.000 a 20.000	18
20.000 a 30.000	21
Acima de 30.000	25

- as unidades funcionais dos estabelecimentos com características epidemiológicas diferenciadas, tais como serviço médico, restaurantes, creches e outros, deverão ser amostrados isoladamente.

- os pontos amostrais deverão ser distribuídos uniformemente e coletados com o amostrador localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada.

**PROCEDIMENTO LABORATORIAL:** Método de cultivo e quantificação segundo normatizações universalizadas. Tempo mínimo de incubação de 7 dias a 250C., permitindo o total crescimento dos fungos.

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise da Concentração de Dióxido de Carbono em Ambientes Interiores.

## 2.24 MÉTODO ANALÍTICO

**OBJETIVO:** Pesquisa, monitoramento e controle do processo de renovação de ar em ambientes climatizados.

**APLICABILIDADE:** Ambientes interiores climatizados, de uso coletivo. **MARCADOR EPIDEMIOLÓGICO:** Dióxido de carbono ( CO<sub>2</sub> ).

**MÉTODO DE AMOSTRAGEM:** Equipamento de leitura direta. **PERIODICIDADE:** Semestral.

## 2.25 FICHA TÉCNICA DOS AMOSTRADORES:

<b>Amostrador:</b> Leitura Direta por meio de sensor infravermelho não dispersivo ou célula eletroquímica.	
<b>Calibração:</b> Anual ou de acordo com especificação do fabricante.	<b>Faixa:</b> de 0 a 5.000 ppm. <b>Exatidão:</b> ± 50 ppm + 2% do valor medido

## ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:

- Definir o número de amostras de ar interior, tomando por base a área construída climatizada dentro de uma mesma edificação e razão social, seguindo a tabela abaixo:

Área construída (m <sup>2</sup> )	Número mínimo de amostras
Até 1.000	1
1.000 a 2.000	3
2.000 a 3.000	5
3.000 a 5.000	8
5.000 a 10.000	12
10.000 a 15.000	15
15.000 a 20.000	18
20.000 a 30.000	21
Acima de 30.000	25

- as unidades funcionais dos estabelecimentos com características epidemiológicas diferenciadas, tais como serviço médico, restaurantes, creches e outros, deverão ser amostrados isoladamente.

- os pontos amostrais deverão ser distribuídos uniformemente e coletados com o amostrador localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada.

**PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM:** As medidas deverão ser realizadas em horários de pico de utilização do ambiente.

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem. Determinação da Temperatura, Umidade e Velocidade do Ar em Ambientes Interiores.

## 2.26 MÉTODO ANALÍTICO

**OBJETIVO:** Pesquisa, monitoramento e controle do processo de climatização de ar em ambientes climatizados.

**APLICABILIDADE:** Ambientes interiores climatizados, de uso coletivo.

**MARCADORES:** Temperatura do ar (°C) Umidade do ar (%) Velocidade do ar (m/s).

**MÉTODO DE AMOSTRAGEM:** Equipamentos de leitura direta. Termo-higrômetro e Anemômetro.

**PERIODICIDADE:** Semestral.

## 2.27 FICHA TÉCNICA DOS AMOSTRADORES:

Amostrador: Leitura Direta - Termo-higrômetro. Princípio de operação: Sensor de temperatura do tipo termo-resistência. Sensor de umidade do tipo capacitivo ou por condutividade elétrica.	
Calibração: Anual	Faixa: 0° C a 70° C de temperatura 5% a 95 % de umidade Exatidão: ± 0,8 ° C de temperatura ± 5% do valor medido de umidade
Amostrador: Leitura Direta - Anemômetro. Princípio de operação: Preferencialmente de sensor de velocidade do ar do tipo fio aquecido ou fio térmico.	
Calibração: Anual	Faixa: de 0 a 10 m/s Exatidão: ± 0,1 m/s ± 4% do valor medido

### ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:

- Definir o número de amostras de ar interior, tomando por base a área construída climatizada dentro de uma mesma edificação e razão social, seguindo a

Área construída (m <sup>2</sup> )	Número mínimo de amostras
Até 1.000	1
1.000 a 2.000	3
2.000 a 3.000	5
3.000 a 5.000	8
5.000 a 10.000	12
10.000 a 15.000	15
15.000 a 20.000	18
20.000 a 30.000	21
Acima de 30.000	25

tabela abaixo:

- as unidades funcionais dos estabelecimentos com características epidemiológicas diferenciadas, tais como serviço médico, restaurantes, creches e outros, deverão ser amostrados isoladamente.
- os pontos amostrais deverão ser distribuídos uniformemente e coletados com o amostrador localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada, para o Termo-higrômetro e no espectro de ação do difusor para o Anemômetro

#### 2.28 Norma Técnica 004

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise de Concentração de Aerodispersóides em Ambientes Interiores.

#### 2.29 MÉTODO ANALÍTICO

**OBJETIVO:** Pesquisa, monitoramento e controle de aerodispersóides totais em ambientes interiores climatizados.

**APLICABILIDADE:** Ambientes de interior climatizados, de uso coletivo, destinados a ocupações comuns (não especiais).

**MARCADOR EPIDEMIOLÓGICO:** Poeira Total ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**MÉTODO DE AMOSTRAGEM:** Coleta de aerodispersóides por filtração (MB- 3422 da ABNT).

**PERIODICIDADE:** Semestral.

### 2.30 FICHA TÉCNICA DO AMOSTRADOR:

Amostrador: Unidade de captação constituída por filtros de PVC, diâmetro de 37 mm e porosidade de 5 µm de diâmetro de poro específico para poeira total a ser coletada; Suporte de filtro em disco de celulose; Porta-filtro em plástico transparente com diâmetro de 37 mm.	
Aparelhagem: Bomba de amostragem, que mantenha ao longo do período de coleta, a vazão inicial de calibração com variação de 5%.	
Taxa de Vazão: 1,0 a 3,0 l/min, recomendado 2,0 l/min.	
Volume Mínimo: 50 l	
Volume Máximo: 400 l	
Tempo de Amostragem: relação entre o volume captado e a taxa de vazão utilizada	
Embalagem: Rotina	
Calibração: Em cada procedimento de coleta se operado com bombas diafragmáticas	Exatidão: ± 5% do valor medido

### ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:

- Definir o número de amostras de ar interior, tomando por base a área construída climatizada dentro de uma mesma edificação e razão social, seguindo a tabela

Área construída (m <sup>2</sup> )	Número mínimo de amostras
Até 1.000	1
1.000 a 2.000	3
2.000 a 3.000	5
3.000 a 5.000	8
5.000 a 10.000	12
10.000 a 15.000	15
15.000 a 20.000	18
20.000 a 30.000	21
Acima de 30.000	25

abaixo:

- as unidades funcionais dos estabelecimentos com características epidemiológicas diferenciadas, tais como serviço médico, restaurantes, creches e outros, deverão ser amostrados isoladamente.

- os pontos amostrais deverão ser distribuídos uniformemente e coletados com o amostrador localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada.

PROCEDIMENTO DE COLETA: MB-3422 da ABNT.

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO DAS BOMBAS: NBR 10.562 da ABNT

PROCEDIMENTO LABORATORIAL: NHO 17 da FUNDACENTRO

### VII- INSPEÇÃO

Recomenda que os órgãos competentes de Vigilância Sanitária com o apoio de outros órgãos governamentais, organismos representativos da comunidade e dos ocupantes dos ambientes climatizados, utilizem esta Orientação Técnica como instrumento técnico referencial, na realização de inspeções e de outras ações pertinentes nos ambientes climatizados de uso público e coletivo.

## VII - RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Recomenda que os proprietários, locatários e prepostos de estabelecimentos com ambientes ou conjunto de ambientes dotados de sistemas de climatização com capacidade igual ou superior a 5 TR (15.000 kcal/h = 60.000 BTU/h), devam manter um responsável técnico atendendo ao determinado na Portaria GM/MS nº 3.523/98, além de desenvolver as seguintes atribuições:

- a) providenciar a avaliação biológica, química e física das condições do ar interior dos ambientes climatizados;
- b) promover a correção das condições encontradas, quando necessária, para que estas atendam ao estabelecido no Art. 4º desta Resolução;
- c) manter disponível o registro das avaliações e correções realizadas; e
- d) divulgar aos ocupantes dos ambientes climatizados os procedimentos e resultados das atividades de avaliação, correção e manutenção realizadas.

Em relação aos procedimentos de amostragem, medições e análises laboratoriais, considera-se como responsável técnico, o profissional que tem competência legal para exercer as atividades descritas, sendo profissional de nível superior com habilitação na área de química (Engenheiro químico, Químico e Farmacêutico) e na área de biologia (Biólogo, Farmacêutico e Biomédico) em conformidade com a regulamentação profissional vigente no país e comprovação de Responsabilidade Técnica - RT, expedida pelo Órgão de Classe.

As análises laboratoriais e sua responsabilidade técnica devem obrigatoriamente estar desvinculadas das atividades de limpeza, manutenção e comercialização de produtos destinados ao sistema de climatização.

## ANEXO 9

**CONSULTA PÚBLICA Nº 109, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2003.**

**A Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, no uso da atribuição que lhe confere o art. 11, inciso IV, do Regulamento da ANVISA aprovado pelo Decreto nº 3.029, de 16 de abril de 1999, c/c com o art. 111, inciso I, alínea “e” do Regimento Interno aprovado pela Portaria nº 593, de 25 de agosto de 2000, republicada no DOU de 22 de dezembro de 2000, em reunião realizada em 10 de dezembro de 2003.

Adota a seguinte Consulta Pública e eu, Diretor-Presidente, determino a sua publicação:

Art. 1º Fica aberto, a contar da data de publicação desta Consulta Pública, o prazo de 90 (noventa) dias para que sejam apresentadas críticas e sugestões relativas à proposta de Resolução que Dispõe sobre **Indicadores de Qualidade do Ar Ambiental Interior em Serviços de Saúde**, em anexo.

Art. 2º Informar que o texto da proposta de Resolução de que trata o art. 1º estará disponível na íntegra, durante o período de consulta, no endereço eletrônico [www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br) e que as sugestões deverão ser encaminhadas por escrito para o seguinte endereço: Agência Nacional de Vigilância Sanitária / Gerência Geral de Tecnologia em Serviços, SEPN 515, Bloco "B", Edifício Ômega, 4º andar, Asa Norte, Brasília-DF, CEP 70.770.502, por Fax: (61) 448- 1302 ou E-mail: [arquitetura.engenharia@anvisa.gov.br](mailto:arquitetura.engenharia@anvisa.gov.br).

Art. 3º Findo o prazo estipulado no Art. 1º a Agência Nacional de Vigilância Sanitária articular-se-á com os órgãos e entidades envolvidos e aqueles que tenham manifestado interesse na matéria, para que indiquem representantes nas discussões posteriores, visando a consolidação do texto final.

CLAUDIO MAIEROVITCH PESSANHA HENRIQUES