

**UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLOGIAS**  
**PROGRAMA DE DOUTORADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**EDSON SALERNO JUNIOR**

**INTEGRAÇÃO ENTRE QUALIDADE DO AR DE INTERIORES,  
ARQUITETURA E SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR EM  
ESTABELECIMENTO ASSISTENCIAL DE SAÚDE**

**RIBEIRÃO PRETO**

**2019**

**Edson Salerno Junior**

**INTEGRAÇÃO ENTRE QUALIDADE DO AR DE INTERIORES,  
ARQUITETURA E SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR EM  
ESTABELECIMENTO ASSISTENCIAL DE SAÚDE**

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor pelo programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientador: Prof. Dr. Murilo Daniel de Mello Innocentini.

**Ribeirão Preto**

**2019**

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento Técnico da  
Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

S163i Salerno Junior, Edson, 1979-  
Integração entre qualidade do ar de interiores, arquitetura  
e sistemas de condicionamento de ar em estabelecimento  
assistencial de saúde / Edson Salerno Junior. – Ribeirão Preto,  
2019.

164 f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Murilo Daniel de Mello Innocentini.

Tese (doutorado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP,  
Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2019.

1. Arquitetura hospitalar. 2. Ar condicionado. 3. Qualidade do  
ar de interiores. I. Título.

CDD 628

Edson Salerno Junior

**“INTEGRAÇÃO ENTRE QUALIDADE DE AR DE INTERIORES,  
ARQUITETURA E SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR EM  
ESTABELECIMENTO ASSISTENCIAL DE SAÚDE”.**

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor pelo programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

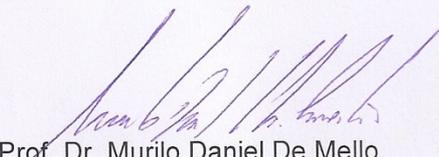
Orientador: Prof. Dr. Murilo Daniel De Mello Innocentini.

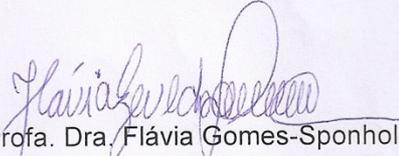
Área de concentração: Tecnologia Ambiental

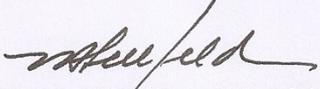
Data de defesa: 05 de abril de 2019

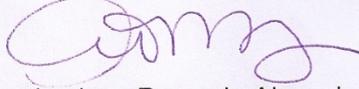
Resultado: Aprovado

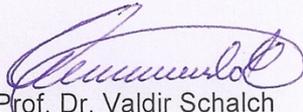
BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. Murilo Daniel De Mello  
Innocentini  
Presidente/UNAERP

  
Profa. Dra. Flávia Gomes-Sponholz  
USP

  
Profa. Dra. Neide Ap de Souza Leheld  
UNESP

  
Profa. Dra. Luciana Rezende Alves de  
Oliveira  
UNAERP

  
Prof. Dr. Valdir Schalch  
UNAERP

Ribeirão Preto  
2019

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho deu-se graças à ajuda, cooperação e apoio da Universidade de Ribeirão Preto, campus Ribeirão Preto, pelo incentivo dado através do Programa de Capacitação Docente, curso de Doutorado em Tecnologia Ambiental, a Coordenação de Pesquisa e Pós-Graduação e a Divisão de Pós-Graduação, e que estendo meus agradecimentos específicos para:

A Universidade de Ribeirão Preto, na pessoa da sua Magnífica Reitora **Profa. Dra. Elmara Lúcia de Oliveira Bonini**, por tornar possível a realização dos meus estudos.

A **Profa. Dra. Neide Ap. de Souza Lehfeld** pelo incentivo dado à minha pesquisa, tornando-a possível de ser executada.

A **Profa. Dra. Luciana Rezende Alves de Oliveira**, coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto, agradeço muito pela ajuda, colaboração prestada desde o início, como professora, coordenadora e amiga.

O meu orientador, **Prof. Dr. Murilo Daniel de Mello Innocentini**, por todo seu conhecimento e disponibilidade em me auxiliar em todos os passos dados até a finalização de mais essa etapa e amizade durante minha orientação.

Os professores do curso de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e às secretárias da pós-graduação da Universidade de Ribeirão Preto, pela atenção que dispensaram durante essa jornada.

A Profa. Dra. Ruth Cristina Montanheiro Paolino, coordenadora do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNAERP, campus Ribeirão Preto, por sempre me motivar na minha qualificação profissional desde minha graduação.

Toda equipe do Laboratório de Biotecnologia da UNAERP, campus Ribeirão Preto, mais especificamente a Prof. Dra. Ana Lucia Fachin Saltoratto, Tatiana Takahasi Komoto e ao Felipe Garcia Nishimura, por viabilizarem as análises microbiológicas deste trabalho e ao Prof. Rubens Ferracini Junior e a Universidade Paulista, UNIP, campus Ribeirão Preto-Vargas, por todo o apoio na identificação dos fungos.

Minha mãe, Sonia Maria Franco, pelo exemplo de resiliência e ao meu pai, Edson Salerno, por me ouvir sempre que necessário.

E o Universo por conspirar a favor deste trabalho tão importante e significativo na minha vida!

## RESUMO

Em vários centros urbanos as edificações caracterizam-se pelo isolamento em relação ao meio externo com o objetivo de aumentar a produtividade do ser humano em ambientes de trabalho. O uso de condicionadores de ar tornou-se comum, porém dutos, filtros e outros elementos de ventilação passaram a ser meios favoráveis de abrigo e proliferação de microrganismos e de recirculação de contaminantes gasosos e particulados, causando sérios transtornos à saúde das pessoas. Este trabalho teve como objetivo investigar as relações entre qualidade do ar de interiores, arquitetura e sistemas de condicionamento de ar em Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS) e propõe um programa de atividade para manutenções de trocas de filtros em sistemas de ar condicionado central e um programa de projeto de arquitetura para pavimentos técnicos hospitalares para arquitetos e urbanistas. Durante 12 meses foi realizado o acompanhamento e análise de manutenções periódicas dos sistemas de climatização de ar de um EAS localizado no interior do Estado de São Paulo e seus respectivos protocolos de atividades com foco no trabalho desenvolvido pelos funcionários de empresas terceirizadas de manutenção, filtros usados e respectiva coleta de amostras microbiológicas durante as manutenções para a identificação em laboratório de bactérias e fungos presentes nos sistemas de filtração. A tipologia arquitetônica do pavimento técnico onde as máquinas de captação de ar e filtração do sistema de condicionamento de ar estão instaladas foi analisada quanto às suas dimensões, áreas de iluminação e ventilação natural e sua implantação em referência ao edifício estudado. Os resultados identificados foram a falta de protocolo de atividade profissional nas manutenções, a ausência de equipamentos de proteção individual durante o manuseio dos filtros e a não existência de um programa de projeto arquitetônico na legislação brasileira para pavimentos técnicos de EAS. Estes resultados indicaram que a contaminação de todo o sistema de refrigeração existe devido à não integração entre arquitetura, refrigeração de ar, manutenções e qualidade do ar de interiores. A falta de diretrizes concretas para profissionais da construção civil implica em erros de projeto, de construção e de manutenções preventivas que refletem no aparecimento de microrganismos que podem comprometer, cedo ou tarde, a salubridade e a qualidade do ar de interiores dos EAS e de seus usuários.

Palavras-chave: Qualidade do ar de interiores. Estabelecimentos assistenciais de saúde. Arquitetura hospitalar. Filtros. Ar condicionado. Pavimento técnico.

## **ABSTRACT**

In several urban centers, the buildings are characterized by isolation in relation to the external environment in order to increase the productivity of the human being in work environments. The use of air conditioners has become common, but ducts, filters and other ventilation elements have become favorable means of sheltering and proliferating microorganisms and recirculating gaseous and particulate contaminants, causing serious disruption to people's health. The objective of this work was to investigate the relationship between air quality, architecture and air conditioning systems in Health Care Facilities (HCF) to propose an activity program for maintenance of filter changes in central air conditioning systems and an architectural design program for technical pavements for architects. During 12 months a monitoring and analysis work was done, of periodic maintenance of the air conditioning systems of an HCF located in the interior of São Paulo State and its respective activities protocols focused on the work developed by the maintenance outsourced staff, used filters and respective collection of microbiological samples during maintenance for laboratory identification of bacteria and fungi present in the filtration systems. The architectural typology of the technical pavement where air caption and filtration machines of the air conditioning system are installed was analyzed to its dimensions, lighting and natural ventilation areas and its implantation in reference to the studied building. The results identified were the lack of protocol of professional activity in maintenance, the absence of personal protection equipment during the handling of the filters and the absence of an architectural design program in the Brazilian legislation for HCF technical pavements. These results indicated that contamination of the entire refrigeration system exists due to non-integration between architecture, air-cooling, maintenance and indoor air quality. The lack of concrete guidelines for construction professionals implies design, construction and preventive maintenance errors that reflect the appearance of microorganisms that can compromise eventually, the health and air quality of the HCF interior and its users.

Key words: Indoor air quality. Health care facilities. Hospital architecture. Filters. Air conditioning. Technical pavement.

**“DEUS ESTÁ NOS DETALHES”**  
(Mies van der Rohe)

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Mecanismos pelos quais a performance mental é afetada pela condição térmica...	28
<b>Figura 2:</b> Mecanismos pelos quais a performance mental é afetada pela QAI .....	28
<b>Figura 3:</b> Hotel-Dieu, Paris, século XVI.....	37
<b>Figura 4:</b> Planta de um dos pavilhões do Hospital John Hopkins, século XIX. Uma cama por dormitório.....	38
<b>Figura 5:</b> Enfermaria (estilo Nightingale) do Hospital John Hopkins, século XIX, e as janelas longitudinais .....	39
<b>Figura 6:</b> Concepção projetual do Hospital da Brigada Militar de Recife - PE .....	40
<b>Figura 7:</b> Mecanismo Straining ou Peneira.....	68
<b>Figura 8:</b> Mecanismo Inercial .....	68
<b>Figura 9:</b> Mecanismo de Interceptação Direta .....	69
<b>Figura 10:</b> Mecanismo de Difusão .....	69
<b>Figura 11:</b> Material particulado e os níveis de acesso ao corpo humano .....	72
<b>Figura 12:</b> Filtros grossos.....	73
<b>Figura 13:</b> Etapas metodológicas para o desenvolvimento da pesquisa.....	76
<b>Figura 14:</b> Aparelho usado para medições de temperatura, umidade e nível sonoro no pavimento técnico do EAS.....	79
<b>Figura 15:</b> Trena a laser utilizada para medições no pavimento técnico .....	81
<b>Figura 16:</b> Trena utilizada para medições de detalhes no pavimento técnico.....	81
<b>Figura 17:</b> Swab utilizado para a coleta de amostras nos filtros G3 e Bolsa do EAS.....	82
<b>Figura 18:</b> Etapas de trabalho referentes às análises microbiológicas dos filtros usados em máquina de ar condicionado do EAS.....	83
<b>Figura 19:</b> Instalação dos aparelhos de ar condicionado com tubulação aparente.....	90
<b>Figura 20:</b> Instalação dos aparelhos de ar condicionado com tubulação aparente.....	90
<b>Figura 21:</b> Aparelho chamado “cortina de vento”.....	90
<b>Figura 22:</b> Sala de espera para atendimento de emergência do EAS 2 .....	91
<b>Figura 23:</b> Ar condicionado Split High Wall na sala de emergência do EAS 2 .....	92
<b>Figura 24:</b> Sala de cirurgia do EAS 2 com ar condicionado Split.....	93
<b>Figura 25:</b> Exaustor de modelo residencial na sala de cirurgia do EAS 2 responsável pelas trocas de ar .....	93

<b>Figura 26:</b> Sala de recuperação com grelhas de retorno do ar condicionado limpas do EAS 3 .....	94
<b>Figura 27:</b> Sala de cirurgia com grelhas de retorno do ar condicionado limpas do EAS 3 ....	94
<b>Figura 28:</b> Maquete eletrônica representativa da tipologia arquitetônica do EAS 3.....	96
<b>Figura 29:</b> Localização das aberturas de portas, janelas e máquinas de ar no pavimento técnico .....	98
<b>Figura 30:</b> Uma das poucas janelas do pavimento técnico, próxima de máquina de ar condicionado, 1 m x 0,40m .....	98
<b>Figura 31:</b> Janela com dimensões 0,60 m x 0,60 m no pavimento técnico .....	98
<b>Figura 32:</b> Piso do pavimento técnico em cimentado poroso .....	99
<b>Figura 33:</b> Corredor principal do pavimento técnico onde pode-se observar o piso e colunas com materiais porosos .....	99
<b>Figura 34:</b> Entulho encontrado no pavimento técnico .....	100
<b>Figura 35:</b> Filtros novos armazenados em meio a sujidades no pavimento técnico.....	101
<b>Figura 36:</b> Maquete esquemática do funcionamento de um fancoil em sistema de ar condicionado central do EAS 3 .....	102
<b>Figura 37:</b> Uma das 4 máquinas do sistema de ar condicionado central do EAS 3 .....	102
<b>Figura 38:</b> Placa de identificação de dados técnicos das máquinas .....	103
<b>Figura 39:</b> Identificação das 4 máquinas e suas localizações no pavimento técnico .....	104
<b>Figura 40:</b> Etiqueta de identificação de filtro bolsa, de classe de filtração F8 .....	106
<b>Figura 41:</b> Filtro G1 de uma das máquinas do EAS 3 antes da manutenção .....	106
<b>Figura 42:</b> Filtro G4 de 500 mm x 500 mm em grelha metálica, removido da máquina para manutenção .....	107
<b>Figura 43:</b> Filtro bolsa tipo F8 da máquina 3, solto dentro do duto .....	107
<b>Figura 44:</b> Falta de uso de EPI - vestuário impróprio.....	109
<b>Figura 45:</b> Falta de uso de EPI - luvas.....	109
<b>Figura 46:</b> Falta de uso de EPI – máscara e luvas .....	110
<b>Figura 47:</b> Localização da máquina 3 e sua proximidade a aberturas no EAS 3 .....	111
<b>Figura 48:</b> Filtro G1 sendo lavado pelo funcionário da manutenção .....	112
<b>Figura 49:</b> Filtros G4 na grelha 500 mm x 500 mm, usado nas máquinas 2 e 4.....	112
<b>Figura 50:</b> Lavagem das grelhas de suporte dos filtros .....	113
<b>Figura 51:</b> Filtro limpo em contato direto com piso sujo e filtros usados .....	114
<b>Figura 52:</b> Condições físicas das máquinas em mau estado de conservação - ferrugem .....	114
<b>Figura 53:</b> Descarte inadequado dos filtros usados .....	115

<b>Figura 54:</b> Comparação dos índices de temperatura e precipitação no ambiente externo ao EAS 3 .....	116
<b>Figura 55:</b> Aferição da umidade relativa na parte frontal da máquina 3 .....	117
<b>Figura 56:</b> Aferição da temperatura na parte frontal da máquina 3.....	117
<b>Figura 57:</b> Coleta de amostra no filtro F8 - Parte posterior .....	120
<b>Figura 58:</b> Coleta de amostra no filtro G4 – Parte frontal .....	121
<b>Figura 59:</b> Amostra junho 2018.....	121
<b>Figura 60:</b> Amostra julho 2018 .....	121
<b>Figura 61:</b> Amostra agosto 2018 .....	122
<b>Figura 62:</b> Amostra outubro 2018 .....	122
<b>Figura 63:</b> Amostra novembro 2018.....	122
<b>Figura 64:</b> Amostra frente G4 - Setembro 2018.....	123
<b>Figura 65:</b> Amostra verso G4 - Setembro 2018 .....	123
<b>Figura 66:</b> Amostra frente Bolsa - Setembro 2018.....	123
<b>Figura 67:</b> Amostra verso Bolsa - Setembro 2018 .....	123
<b>Figura 68:</b> Porcentagem de fungos encontrados nos filtros G4 e F8 da máquina 3 durante todo o período de acompanhamento das manutenções no EAS 3 .....	127
<b>Figura 69:</b> Amostra junho 2018.....	128
<b>Figura 70:</b> Amostra julho 2018 .....	128
<b>Figura 71:</b> Amostra agosto 2018 .....	128
<b>Figura 72:</b> Amostra outubro 2018 .....	128
<b>Figura 73:</b> Amostra novembro 2018.....	129
<b>Figura 74:</b> Amostra filtro G4 – set/18.....	129
<b>Figura 75:</b> Amostra filtro F8 – set/18 .....	129
<b>Figura 76:</b> Coloração de Gram (negativo) - Streptococcus .....	130
<b>Figura 77:</b> Coloração de Gram (negativo) - Streptococcus .....	130
<b>Figura 78:</b> Coloração de Gram (positivo) - Staphylococcus.....	130
<b>Figura 79:</b> Cocus encontrados no filtro G4.....	131
<b>Figura 80:</b> Bacilos encontrados no filtro G4.....	131
<b>Figura 81:</b> Relação do total de bactérias encontradas nos filtros G4 e F8 da máquina 3, no EAS 3 .....	132
<b>Figura 82:</b> Aspectos climáticos na parte frontal da máquina 3 e presença de colônias de fungos e bactérias .....	133
<b>Figura 83:</b> Luminária com fechamento sugerida para o pavimento técnico .....	136

<b>Figura 84:</b> Piso em porcelanato líquido em ambiente hospitalar .....	137
<b>Figura 85:</b> Ralo com tampa escamoteável .....	138
<b>Figura 86:</b> Exemplo de uso de tela de proteção instalada na parte externa da esquadria.....	139
<b>Figura 87:</b> Exemplo de fachada com marquise e brise para proteção contra os raios solares .....	139
<b>Figura 88:</b> Exemplo de acabamento para interruptores e tomadas.....	140
<b>Figura 89:</b> Modelo de porta com faixa de vidro para acesso ao pavimento técnico .....	141
<b>Figura 90:</b> Exemplo proposto para planta de pavimento técnico de um EAS .....	142
<b>Figura 91:</b> Fachada protegida por brises e dutos de captação de ar externo com filtro do tipo G1 .....	143
<b>Figura 92:</b> Fachada sem brises e dutos de captação de ar externo com filtro do tipo G1.....	143
<b>Figura 93:</b> Exemplo de inclinação de duto de captação de ar externo em fancoil .....	144
<b>Figura 94:</b> Sala de paramentação para entrada na sala de máquinas.....	145
<b>Figura 95:</b> Documentação básica a ser solicitada ao EAS, previamente à manutenção.....	146
<b>Figura 96:</b> Orientação para troca de filtros, segundo ABRAVA .....	146
<b>Figura 97:</b> Ações de avaliação, higienização e suas frequências de acordo com a ABNT NBR 15848/2010.....	148
<b>Figura 98:</b> Proposta de fluxo para manutenção preventiva em novo layout para pavimento técnico de EAS .....	152

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Periodicidade de procedimentos de limpeza e manutenção dos componentes do sistema de ar condicionado central.....	47
<b>Quadro 2:</b> Fontes de poluentes segundo a Portaria GM/MS nº3523/98.....	47
<b>Quadro 3:</b> Recomendações de projeto para salas de máquinas, segundo a ABNT/NBR-16401-3 .....	61
<b>Quadro 4:</b> Principais microrganismos encontrados em EAS.....	65
<b>Quadro 5:</b> Critérios de escolha de EAS para definição como objeto de estudo .....	95
<b>Quadro 6:</b> Identificação de todos os fungos encontrados no filtro G4 da máquina 3 em todo o período de análise das manutenções preventivas no EAS 3 e suas patologias associadas ....	125
<b>Quadro 7:</b> Relação entre o existente no pavimento técnico do EAS 3 e as sugestões corretivas .....	136
<b>Quadro 8:</b> Escopo de trabalho sugerido pela ABNT NBR 13971/1997.....	147
<b>Quadro 9:</b> Sequência de ambientes a serem atendidos pela manutenção preventiva no EAS 3, que usam aparelhos Split.....	150
<b>Quadro 10:</b> Sequência de ambientes do centro cirúrgico a serem atendidos pela manutenção preventiva no EAS 3 .....	151
<b>Quadro 11:</b> Sequência de ambientes a serem atendidos por manutenção preventiva EAS, que usam aparelhos Split.....	152
<b>Quadro 12:</b> Checklist de ações de manutenção para o novo layout proposto para pavimento técnico .....	153

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Características de projeto de acordo com a RDC 50/ANVISA .....	51
<b>Tabela 2:</b> Classe dos filtros segundo a ABNT/NBR-7256.....	56
<b>Tabela 3:</b> Classe dos filtros de acordo com a ABNT/NBR-6401 .....	57
<b>Tabela 4:</b> Tipos de filtros de acordo com a ABNT/NBR-16401-3.....	60
<b>Tabela 5:</b> Posicionamento das áreas de captação do ar externo, de acordo com a ABNT/NBR-16401-3 .....	60
<b>Tabela 6:</b> Comparação entre a norma ASHRAE 52.2:2012, EM 779:2012 e os níveis de eficiência de filtração da ISO 16.890:2016.....	72
<b>Tabela 8:</b> Características técnicas de filtros de fibra sintética.....	74
<b>Tabela 9:</b> Características técnicas de filtros de fibra de vidro.....	74
<b>Tabela 9:</b> Dados de projeto para cálculo de carga térmica do sistema de ar condicionado central do EAS 3.....	104
<b>Tabela 10:</b> Vazão e capacidade nominal das máquinas do EAS 3 .....	105
<b>Tabela 11:</b> Filtros usados no sistema de refrigeração de ar central do centro cirúrgico do EAS 3 .....	106
<b>Tabela 12:</b> Observações sobre as manutenções preventivas no EAS 3 .....	110
<b>Tabela 13:</b> Aspectos climáticos – ambiente externo ao EAS 3.....	116
<b>Tabela 14:</b> Relação das manutenções e filtros substituídos no período de um ano.....	119

## LISTA DE ABREVIATURAS

AAF	<i>American Air Filter Company</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAVA	Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento
ALMOX	Almoxarifado
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers</i>
BHI	<i>Brain Heart Infusion</i>
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CAU	Conselho de Arquitetura e Urbanismo
CIAGRO	Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DML	Depósito de Materiais de Limpeza
EAS	Estabelecimento Assistencial de Saúde
ENTRAC	Encontro Tecnológico de Refrigeração de Ar Condicionado
EPI	Equipamento de Proteção Individual
HEPA	<i>High Efficiency Particulate Air</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IH	Infecção Hospitalar
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MP	Material Particulado
NBR	Norma Brasileira Registrada
NO <sub>2</sub>	Dióxido de Nitrogênio
O <sub>3</sub>	Ozônio
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas

OPEX	<i>Operational Expenditure</i>
PCMSO	Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional
PM	<i>Particulate Matter</i>
PMNA	Política Nacional do Meio Ambiente
PMOC	Plano de Manutenção, Operação e Controle
PN-ARQ	Programa de Necessidades de Arquitetura
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
PRONAR	Programa Nacional de Controle do Ar
QAI	Qualidade do Ar de Interiores
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SED	Síndrome do Edifício Doente
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Enxofre
UCI	Unidade de Cuidados Intermediários
ULPA	<i>Ultra-low Particulate Air</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	20
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	22
2.1 OBJETIVO GERAL .....	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	22
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	23
3.1 QUALIDADE DO AR DE INTERIORES .....	25
3.2 SÍNDROME DO EDIFÍCIO DOENTE .....	30
3.3 ARQUITETURA HOSPITALAR .....	33
3.3.1 Histórico Sobre a QAI e as Relações com a Arquitetura Hospitalar .....	35
3.4 INTERFACE AMBIENTAL.....	40
3.5 AS DETERMINAÇÕES LEGAIS SOBRE CONTROLE DO AR.....	42
3.5.1 Infrações Sanitárias e Qualidade do Ar .....	43
3.5.2 QAI em Ambientes Climatizados .....	45
3.5.3 Projeto Arquitetônico .....	49
3.5.4 Projeto Arquitetônico e Pavimento Técnico .....	49
3.5.5 Condições Ambientais de Conforto .....	52
3.5.5.1 Renovação do Ar e Instalação de Climatização .....	53
3.6 CLIMATIZAÇÃO .....	53
3.6.1 Manutenção.....	61
3.7 MICROBIOLOGIA .....	63
3.8 SISTEMAS DE FILTRAÇÃO .....	66
3.8.1 Fontes de Contaminação.....	66
3.8.2 Mecanismos de Filtração .....	67
3.8.3 Eficiência Energética .....	70
3.9 TIPOS DE FILTROS .....	73
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	76
4.1 DEFINIÇÃO DO EAS COMO OBJETO DE ESTUDO .....	76
4.1.1 Visitas Técnicas em 3 EAS Diferentes.....	76
4.2 ACOMPANHAMENTO E ANÁLISE DAS MANUTENÇÕES PERIÓDICAS.....	78
4.2.1 Avaliação de Protocolo de Atividades de Manutenção .....	78
4.2.2 Análise dos Tipos de Filtros Usados, Limpeza e Substituição .....	79

4.2.3 Avaliação do Uso de EPI e Orientações de Trabalho do Funcionário da Manutenção .....	80
4.3 AVALIAÇÃO ARQUITETÔNICA DO PAVIMENTO TÉCNICO .....	80
4.3.1 Caracterização Física do Pavimento Técnico .....	80
4.3.2 Avaliação da Higienização do Espaço Durante a Manutenção.....	82
4.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS .....	82
4.4.1 Bactérias .....	83
4.4.2 Fungos .....	85
4.5 Programa Projetual Arquitetônico para Pavimento Técnico e Programa de Atividades para Manutenção Preventiva.....	87
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>88</b>
5.1 VISITAS TÉCNICAS E DEFINIÇÃO DO EAS COMO OBJETO DE ESTUDO .....	88
5.1.1 EAS 1.....	88
5.1.2 EAS 2.....	91
5.1.3 EAS 3.....	93
5.1.4 Observações Preliminares e Definição do EAS.....	94
5.2 TIPOLOGIA DO EAS 3 .....	95
5.2.1 Arquitetura do EAS 3 .....	95
5.2.2 Caracterização Do Pavimento Técnico Do EAS 3 e suas Deficiências Técnicas .....	97
5.3 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO CENTRAL E DE FILTRAÇÃO DO EAS 3 .....	101
5.3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS MÁQUINAS .....	101
5.3.2 Características Técnicas das Máquinas .....	103
5.3.3 Filtros Usados No EAS 3.....	105
5.4 MANUTENÇÕES PREVENTIVAS .....	108
5.4.1 Manutenções – Funcionários e Protocolos .....	109
5.4.2 Manutenções dos Filtros.....	111
5.4.3 Aspectos Climáticos .....	115
5.5 MICROBIOLOGIA .....	120
5.5.1 Fungos .....	121
5.5.2 Bactérias .....	128
<b>6 PROGRAMAS DE PROJETO E DE MANUTENÇÃO .....</b>	<b>134</b>
6.1 Programa de Projeto Arquitetônico para Pavimento Técnico .....	134
6.1.1 PN-ARQ Corretivo.....	134
6.1.2 PN-ARQ Preventivo.....	137

6.2 PROGRAMA PARA MANUTENÇÕES PREVENTIVAS .....	145
6.2.1 Programa Corretivo - EPI .....	148
6.2.2 Programa Corretivo – Boas Práticas e Ambientes .....	149
6.2.3 Programa Preventivo – EPI, Boas Práticas e Ambientes.....	151
<b>7 CONCLUSÕES.....</b>	<b>155</b>
<b>8 RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS .....</b>	<b>157</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>158</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O conforto ambiental arquitetônico engloba o conforto higrométrico, acústico, visual, térmico, ergonômico e qualidade do ar, equipa as edificações de forma a garantir que as atividades humanas possam ser desenvolvidas nos seus respectivos interiores de forma saudável. As edificações construídas nas últimas décadas caracterizaram-se pelo isolamento em relação ao meio externo com o objetivo de aumentar a produtividade no ambiente de trabalho fazendo uso de condicionadores de ar; uma tendência mundial que não contempla o fato de que nos sistemas de refrigeração de ar, os dutos e filtros podem se tornar meios favoráveis de abrigo e proliferação de bactérias, fungos e vírus, evidenciando a necessidade de medidas de controle da qualidade do ar de interiores, principalmente dentro dos edifícios hospitalares (SMIELOWSKA *et al.*, 2017).

As condições climáticas e a empregabilidade de soluções arquitetônicas que utilizem os recursos naturais como, sol, chuva, vento e vegetação devem ser observadas com o intuito de minimizar os impactos ambientais internos de um edifício, que pode inclusive ajudar na diminuição do consumo energético (GONÇALVES *et al.*, 2006). A tomada de decisão projetual por um tipo de construção sustentável pode minimizar a liberação de poluentes nos ambientes internos, referentes à matéria inorgânica, trazendo benefícios aos usuários da edificação como qualidade de vida e segurança no ambiente de trabalho, conforto e funcionalidade (MISSIA *et al.*, 2016).

Profissionais da construção civil sem orientação técnica adequada e específica de projetos hospitalares dependem da vasta legislação e normas vigentes para balizarem seus critérios projetuais, porém, pode ser que estas não contemplem orientações e restrições construtivas específicas para projetos de pavimentos técnicos que abrigam as máquinas do sistema de condicionamento de ar hospitalar, e deixam a cargo das empresas terceirizadas as práticas das atividades de manutenção preventiva, sem padrão ou protocolos dos serviços prestados.

A arquitetura como “interface ambiental” pode permitir uma reflexão sobre o papel do arquiteto e demais profissionais da construção civil, pois traz à luz do conhecimento construtivo toda a sua responsabilidade social. Foi pensando nesta responsabilidade que este trabalho se propôs a acompanhar durante um ano as manutenções preventivas do sistema de refrigeração central de um estabelecimento assistencial de saúde do interior do Estado de São Paulo e

analisar a arquitetura do pavimento técnico onde todo o maquinário de refrigeração está instalado.

Amostras microbiológicas foram coletadas e fungos e bactérias foram identificados para a averiguação da eficiência de filtração dos filtros usados, fato que ajudou na verificação da relação entre qualidade do ar, arquitetura e sistemas de condicionamento de ar em estabelecimento assistencial de saúde.

Os resultados obtidos permitiram a proposição de um programa de atividades para manutenções e um programa de projeto arquitetônico para pavimentos técnicos hospitalares que, através de toda a discussão apresentada, pode contribuir para ações concretas frente a forma de como os pavimentos técnicos estão sendo projetados e/ou construídos e sobre a forma como as manutenções preventivas estão sendo realizadas e quais as consequências que devem ser enfrentadas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Investigar as relações entre qualidade do ar, arquitetura e sistemas de condicionamento de ar em estabelecimento assistencial de saúde, acompanhar e analisar as manutenções preventivas dos equipamentos de ar condicionado central em pavimento técnico e propor um programa de atividades para manutenções e um programa de necessidades arquitetônico para pavimentos técnicos hospitalares.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Produzir um diagnóstico da qualidade do ar de interiores dos estabelecimentos visitados tendo como foco o pavimento técnico que abriga todo o maquinário de refrigeração de ar;
- Acompanhar e analisar manutenções periódicas de sistemas de climatização de ar de um estabelecimento assistencial de saúde e seus respectivos protocolos de atividades, com foco no trabalho desenvolvido pelos funcionários de empresas terceirizadas de manutenção, filtros usados e coleta de amostras;
- Avaliar o pavimento técnico de um EAS onde as máquinas de refrigeração de ar central se localizam, com relação à sua tipologia arquitetônica através da análise das dimensões, áreas de aberturas (portas e janelas) e sua implantação em referência ao edifício;
- Coletar amostras microbiológicas dos filtros das máquinas de refrigeração de ar central instaladas no pavimento técnico do EAS, durante as manutenções periódicas e identificar quais bactérias e fungos estão presentes nos sistemas de filtração;
- Propor um programa de necessidades arquitetônico para pavimentos técnicos e programa de manutenção preventiva.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

A edificação além de servir como abrigo e se integrar à paisagem em que se insere, deve cumprir seu papel ambiental de forma sustentável, isto é, respeitar o meio ambiente de forma responsável através de custos viáveis para execução e origem dos materiais a serem utilizados na obra. Neste sentido, o programa de necessidades de um projeto se caracteriza como um guia que, através da criação de elementos “burocráticos” e de “leis próprias”, definidas pelo profissional contratado, fazem com que o projeto tenha uma qualidade criativa em termos de volumetria e divisão dos espaços.

O conceito do projeto, programa espacial almejado, lista de necessidades do cliente, verba disponível, orçamento de mão de obra e de materiais devem passar a dividir o foco do programa de necessidades com questões ambientais e de projeto sustentável.

A relação entre as pessoas que ocuparão os espaços criados, o lugar em que a construção se insere e a própria edificação a ser construída garantem uma análise local/regional sobre o contexto climático, socioeconômico e cultural, que devem fornecer dados concretos importantes ao projeto que deverá, neste sentido, transformar o chamado “abrigo” em nossa “terceira pele” (ROAF *et al.*, 2013).

A primeira pele, segundo Roaf *et al.* (2013), é a própria do indivíduo, extremamente ativa e natural. A segunda, a vestimenta, que permite ter camadas a mais para aquecer, ou a menos, para resfriar (ROAF, *et al.*, 2013). Esta última podendo ser modificada em quantidades e texturas, cores, espessuras, de acordo com o desejo, ambição, necessidade e local de quem a usa. Neste sentido, não é difícil imaginar que existe um “respiro”, uma troca entre o homem através de sua pele natural com a segunda, artificial. Considerando que as duas peles trabalham de acordo com a necessidade individual, desejo, gosto pessoal, que se adaptam e tem tipologias diferentes de acordo com o ambiente em que se inserem e que, além disso, podem ter, no caso da segunda, formas que transmitam uma mensagem iconográfica e econômica, pode-se dizer que a “terceira pele” funciona da mesma forma. A edificação pode ser vista como um ator que interage com o homem e o clima.

Para Roaf *et al.* (2013), a terceira pele é a edificação resiliente do século XXI. Aquela que oferece conforto e abrigo de forma sustentável economicamente, que “[...] *garanta uma ampla variedade de oportunidades de adaptação aos dois extremos do espectro climático [...]*” (ROAF *et al.*, p. 04, 2013), que varia desde o clima mais frio ao mais quente. Desta forma pode-se perceber que existe novamente a preocupação de que a construção realmente trabalhe

como uma pele, que interaja com seu entorno, que esteja em conformidade com a localização geográfica, características locais de insolação e ventilação, que irão permitir o “respiro” da edificação e sua relação harmoniosa com o meio em que está inserida, podendo tirar proveitos do mesmo através da captação da energia solar, eólica, e ventilação natural.

Scudo (2013) revela que antes mesmo do processo projetual, uma atmosfera positiva deve ser gerada, que propicie o desenvolvimento de tecnologias consideradas “verdes” na produção de materiais e também na captação de energia elétrica e de estímulo para seu uso em novas construções ou em aplicações nas existentes.

Scudo (2013) defende que haja uma discussão ampla em conjunto com a população através de congressos e assembleias que tenham como foco principal mostrar os benefícios de se ter uma construção sustentável tanto no âmbito econômico quanto energético, paralelo com a organização de eventos e premiações que tragam à luz da sociedade novos projetos. Porém, define que após uma ampla discussão com a sociedade, os governos devem criar leis que estimulem a transferência gradual no uso de materiais poluentes para aqueles que são considerados menos emissores de gás carbônico na atmosfera e de edificações que possam gerar sua própria energia elétrica de forma limpa e eficaz.

Para Gonçalves *et al.* (2006) os projetos arquitetônicos são responsáveis por oferecer à sociedade como um todo soluções que atendam não somente a demanda pessoal de cada cliente, mas também as necessidades e características dos locais em que serão inseridos. Devem respeitar questões climáticas, geográficas, culturais, acústicas e sociais com o objetivo de criar condições para a eficiência energética e o mínimo de impacto ambiental.

A tecnologia altera os modos de vida a partir de sua inserção no meio em que o social é configurado pela família e demais conexões interpessoais. É possível verificar que alteram não só os comportamentos sociais, mas também os seus contatos extras, ou seja, as relações de amizade, trabalho, dentre outros, configurando as transformações que ocorrem no cotidiano das sociedades. Com a instabilidade ambiental e os acelerados avanços tecnológicos que caracterizam o mundo contemporâneo, os ambientes de trabalho passam por um processo de redefinição de programas arquitetônicos, e neste momento pode-se visualizar o Estabelecimento Assistencial de Saúde como uma empresa, que para manter-se ativa no seu nicho de mercado deve compreender e avaliar sua capacidade de alterar suas próprias estruturas.

Os objetivos de mudanças estratégicas estruturais são o de corrigir desequilíbrios internos ou entre a organização e o ambiente, para que novas estratégias sejam formuladas. O primeiro passo pode ser o de realizar um diagnóstico da situação ou, em outras palavras, iniciar um processo de autoconhecimento da empresa, visando compreender a capacidade de

adaptação da organização para identificar como o desequilíbrio é percebido pelos diversos segmentos organizacionais. (SALINAS *et al.*, p. 11, 2007).

Fiorentini (informação verbal, 2017)<sup>1</sup> explica que um projeto tri-axial, que setoriza os tipos de atendimentos hospitalares na edificação em três eixos diferentes, eixo público – ambulatorial; eixo interno – acamados e médicos e o eixo industrial – cozinha e serviços em geral, pode trazer benefícios na Qualidade do Ar de Interiores (QAI) dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) e evitar contaminação cruzada. Complementando o processo de entendimento da relação usuário-ambiente, a psicologia cognitiva pode fornecer resultados que permitam a elaboração de modelos cognitivos genéricos que permitem aos *designers* entender os processos humanos utilizados na interação e realizar experimentos com “interfaces”.

A interdisciplinaridade é visível na conceituação da palavra, usada na psicologia cognitiva, semiótica, computação e arquitetura, mesmo buscando uma definição exclusiva de determinada área para o termo “interface”. Isso propicia o entendimento sobre a palavra nos mais variados sentidos que ela pode apresentar podendo significar um meio de comunicação, de tradução, decodificação entre dois sistemas, podendo estes ser entre o homem e uma máquina, ambientes ou entre objetos físicos que permitam a comunicação ou o acesso à novas informações.

A relação entre usuários de um EAS e a edificação hospitalar ou com seus elementos ou equipamentos pode-se cognominar como “interface”, ou ainda, a relação entre os sistemas de ventilação, usuários e edificação como “interface ambiental”, que tem o objetivo de ser capaz de permitir o desenvolvimento de atividades humanas de forma segura e salubre, a geração de conhecimento, a comunicação e relação interpessoal e o acesso à informação, tornando o EAS um oásis de cura e não uma barreira arquitetônica a ser vencida.

### 3.1 QUALIDADE DO AR DE INTERIORES

A poluição atmosférica era considerada a única fonte poluente dos ambientes internos até a década de 1970 quando uma crise energética mundial mudou este paradoxo, tendo como resultado o redesenho e concepção de novos conceitos de arquitetura para projetos de edificações de uso público estanques ao meio externo. Esta prática projetual e construtiva inibiu as trocas de ar entre meio externo e interno, elevando os níveis de compostos químicos dentro

---

<sup>1</sup> Arquiteta e Urbanista Paula Fiorentini, em palestra proferida no 5º Seminário de Qualidade do Ar de Interiores, no dia 31 de março de 2017, em Salvador – BA.

dos ambientes de trabalho, ameaçando a saúde dos usuários, afetando principalmente os sistemas respiratório, imune e cardiovascular (SMIELOWSKA *et al.*, 2017).

A presença de compostos químicos em ambientes internos estanques é influenciada por dois fatores, a composição dos materiais utilizados na construção e na arquitetura de interiores dos ambientes e o tipo e o tempo de atividades exercidas no local pelos usuários. O tempo dedicado às atividades, idade e quantidade de usuários, localização geográfica e estilo de vida e trabalho influenciam na QAI. Cada espaço interno de uma edificação deve ser tratado como um microambiente específico que sofre influência de fatores físico-químicos em sua qualidade do ar. A composição química do ar, as fontes de emissão de poluentes em ambientes internos e suas quantidades afetam o corpo humano de acordo com seu tempo de exposição/contato entre corpo e compostos (SMIELOWSKA *et al.*, 2017).

Liang *et al.* (2007) defendem que a literatura internacional específica de QAI apresenta dados que indicam que uma pessoa permanece mais de 40% de seu tempo diário em instalações de uso público e conclui que esta permanência acontece por grupos sociais de forma não aleatória, mas sim de maneira regulamentada. Há uma diferença entre exposição instantânea e crônica, e os tipos de poluentes presentes em cada microambiente são determinados pela intensidade da troca de ar, pelas especificidades dos ambientes (equipamentos, substâncias, atividades exercidas), pelas emissões de vários tipos de materiais e equipamentos nos ambientes internos, pela temperatura e umidade relativa interna, pelo sistema de ventilação e purificação do ar interno que supre a edificação, pela presença de fontes de emissões de poluentes externos, pela qualidade da atmosfera do entorno da edificação e a pela formação de poluentes secundários.

A permeabilidade ao ar externo de uma edificação é importante para a eficiência energética de ambientes climatizados e para a garantia do conforto térmico, salubridade e QAI, evitando a concentração em índices elevados de substâncias tóxicas que podem afetar a performance cognitiva dos usuários de uma edificação, agindo diretamente na produtividade do trabalho exercido (MANDIN *et al.*, 2017).

A boa qualidade do ar de interiores oferece benefícios à saúde dos usuários de uma edificação, afeta na produtividade no ambiente de trabalho e nas relações sociais (MISSIA *et al.*, 2016). O isolamento do edifício ou a redução da permeabilidade deste ao meio externo através de elementos arquitetônicos como paredes e esquadrias causa o aumento da concentração de vapores de água e de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A ausência de ventilação adequada em espaços interiores contribui para a incidência da Síndrome do Edifício Doente (SED), que afeta o bem-estar, saúde física e mental dos usuários. Caracteriza-se pela baixa

eficiência energética causada por falhas projetuais, de implantação, de uso e da má qualidade ou má escolha dos materiais utilizados na construção (VASILE *et al.*, 2016).

Evidências científicas indicam que o ar interno pode ser mais poluído do que o ar externo, mesmo em grandes centros urbanos industrializados, tendo em vista o propósito dos edifícios atualmente que é o de criar ambientes internos mais adequados às pessoas e aos processos de trabalho em comparação com o ambiente externo (SENITKOVA, 2016).

Fiorentini (informação verbal, 2017)<sup>2</sup> afirma que o ambiente hospitalar oferece riscos de biossegurança<sup>3</sup> e bioconcentração<sup>4</sup>, sendo necessário o controle da temperatura e umidade relativa ambiente, odores e disposição espacial. Fiorentini (informação verbal, 2017) defende a setorização dos ambientes hospitalares de acordo com os tipos de pacientes, os *outpatients*, que predominam nas áreas emergenciais e atendimento rápido e os *inpatients*, que permanecem internados nos EAS. Isto evita segundo a arquiteta, conflitos e contaminação em meios circulatórios.

A condição térmica dos ambientes de trabalho hospitalar é outro fator que influencia na QAI de hospitais. Wargocki *et al.* (2016) apontam que, de acordo com estudos com funcionários de um ambiente hospitalar, quando expostos à três diferentes temperaturas, 20, 23 e 26°C, as pessoas apresentaram respostas fisiológicas diferentes. Aos 20 e 23°C, há excitação e ativação do sistema nervoso simpático e as pessoas se tornam mais alertas no ambiente de trabalho e melhoram o pensamento criativo, porém têm uma diminuição da destreza manual. Aos 26°C o desconforto térmico incide diretamente no desempenho do trabalho de forma negativa, pois afeta, segundo Wargocki *et al.* (2016) em altas temperaturas, a atenção causando distração e efeitos prejudiciais à cognição, como pode ser observado na Figura 1, além de causar dores de cabeça nos usuários.

As variações térmicas dos ambientes hospitalares que irão afetar diretamente no desempenho cognitivo incidem diretamente na presença de Compostos Orgânicos Voláteis (COV) e poluentes gasosos, que podem ser bioefluentes emitidos pelos próprios usuários dos EAS como o CO<sub>2</sub>, ou emissões oriundas dos materiais utilizados nos ambientes internos da edificação e que afetarão diretamente no desempenho de tarefas que demandam tomadas de

---

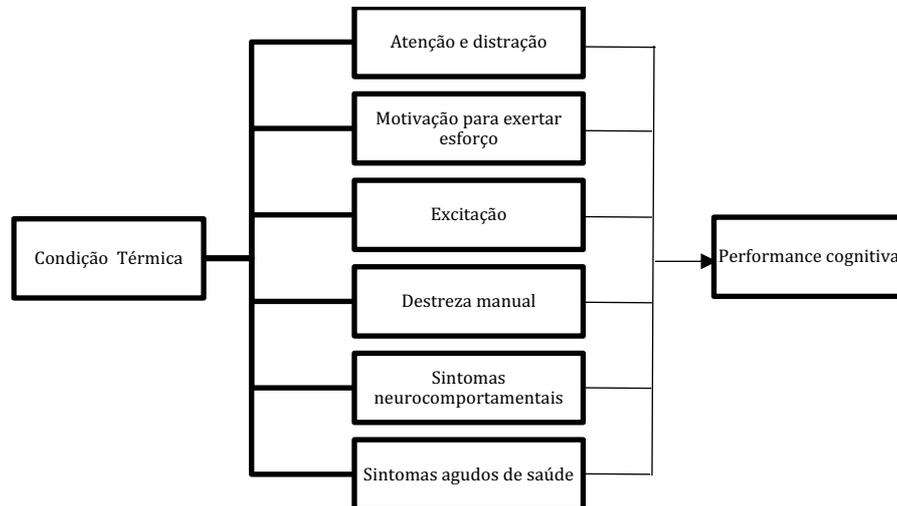
<sup>2</sup> Arquiteta e Urbanista Paula Fiorentini, em palestra proferida no 5º Seminário de Qualidade do Ar de Interiores, no dia 31 de março de 2017, em Salvador – BA.

<sup>3</sup> Biossegurança: observância de procedimentos de segurança na manipulação de organismos geneticamente modificados, com a finalidade de proteger o ecossistema e preservar a saúde e a vida humana.

<sup>4</sup> Bioconcentração: aumento imediato da densidade de um poluente assim que passa da água para um organismo aquático. A bioacumulação é a soma das sucessivas absorções de um poluente feitas por via direta, ou via alimentar, por espécies aquáticas.

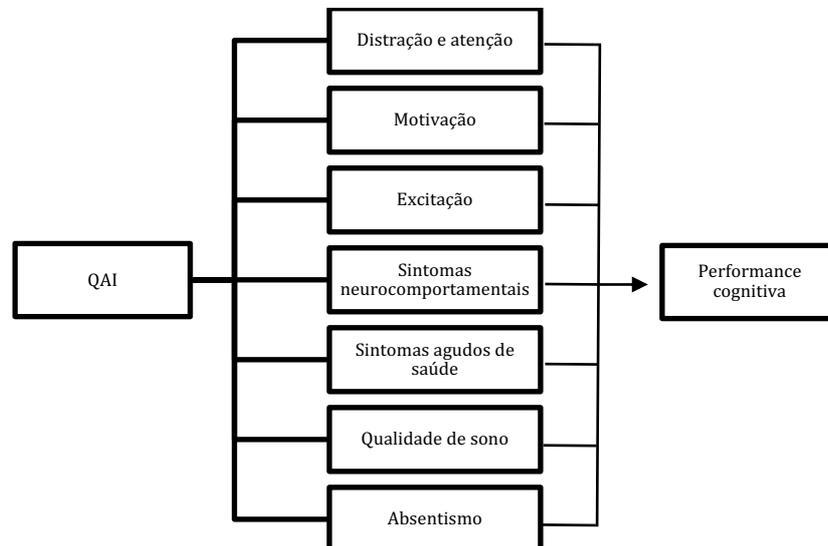
decisões complexas que exigem alto índice de atenção (WARGOCKI *et al.*, 2016), como pode ser observado na Figura 2.

**Figura 1:** Mecanismos pelos quais a performance mental é afetada pela condição térmica



Fonte: WARGOCKI *et al.*, 2016

**Figura 2:** Mecanismos pelos quais a performance mental é afetada pela QAI



Fonte: WARGOCKI *et al.*, 2016

A similaridade das Figuras 1 e 2 evidencia a proximidade entre condição térmica e qualidade do ar de interiores, pois afetam praticamente os mesmos elementos biológicos e cognitivos dos usuários de um estabelecimento assistencial de saúde.

Há nos EAS, uma diversidade das atividades desenvolvidas em função das diferentes demandas de saúde, uma variedade dos usuários (funcionários, pacientes e visitantes), diversidade de saúde destes três grupos distintos, que geram uma variação de instalações físicas que irão influenciar na quantidade de COV no ar interior, que cria um microclima hospitalar complexo (SMIELOWSKA *et al.*, 2017).

Quadros *et al.* (pg. 39, 2009) consideram os COV “[...] *todo composto que, à exceção de metano, contém carbono e hidrogênio, os quais possivelmente podem ser substituídos por outros átomos como halogênios, oxigênio, enxofre, nitrogênio ou fósforo, excluindo-se óxidos de carbono e carbonatos [...]*” e que são tóxicos ao trato humano, encontrados em maior quantidade nos ambientes internos do que nos externos.

Verde *et al.* (2015) atestam que em ambientes internos de EAS, o conteúdo orgânico e a presença de compostos inorgânicos são tão importantes quanto a poluição biológica. Estudos epidemiológicos demonstram que a presença de Radônio (gás natural radioativo proveniente do Urânio) no ambiente dos EAS, usado no tratamento de câncer, quando inalado em altas concentrações, pode causar câncer de pulmão (FIELD *et al.*, 2002), ou seja, um composto xenobiótico<sup>5</sup> que afeta diretamente a QAI hospitalar, usado para curar um tipo de doença, pode prejudicar a saúde dos usuários.

Equipamentos utilizados rotineiramente nos ambientes hospitalares que são produzidos com materiais poliméricos, como sacos de infusão de plástico, sacos de sangue, películas de plástico, injetores, etc., podem ter em sua composição química Ftalatos, um composto químico derivado do ácido ftálico que tem a propriedade de deixar o plástico mais maleável. Este composto é cancerígeno e pode causar danos ao fígado, rins, pulmão e anormalidades no sistema reprodutivo humano e é normalmente encontrado nas farmácias hospitalares, enfermarias obstétricas, salas de transfusão e corredores (SMIELOWSKA *et al.*, 2017).

Segundo Koufi *et al.* (2017), a ventilação controlada é uma grande aliada na remoção de contaminantes presentes no interior de edificações, pois renova o ar através da introdução de ar fresco não poluído nos ambientes, removendo poluentes das zonas de ocupação de edificações.

Smielowska *et al.* (2017) concluem que o projeto de um EAS deve já se preocupar com uma boa localização dentro das cidades e que utilize uma tecnologia de construção e o uso de materiais de acabamento que não criem ou potencializem a poluição biológica. Fernandes (1993), corrobora com a ideia de que é necessário potencializar o projeto arquitetônico de EAS

---

<sup>5</sup> Xenobióticos são compostos químicos estranhos à um organismo ou sistema biológico.

através de estudos prévios à fase de criação projetual, melhor caracterizando o clima local para o uso inclusive de ventilação natural e desenvolvendo códigos e ferramentas de *design*, aliados à implementação de ações de informação e transferência de tecnologia do mundo científico para o mercado profissional.

A criação de regulamentos sobre a qualidade do ar de interiores se torna importante para a garantia da salubridade do ar nos ambientes hospitalares, criando de forma paralela ferramentas, técnicas e métodos de trabalho e de projeto que definam quais compostos químicos e/ou orgânicos estarão contidos em determinado ambiente interno, o que pode permitir o controle e manutenção da salubridade do ar.

### 3.2 SÍNDROME DO EDIFÍCIO DOENTE

As questões energéticas e as mudanças climáticas trazem dificuldades aos governos para garantir o desenvolvimento da sociedade dentro das premissas atuais de incremento sustentável, que são o de atender as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de terem suas próprias necessidades atendidas. A importância da sustentabilidade tem um peso considerável e decisivo na arquitetura e no ambiente construído como um todo.

Mundialmente, o discurso ambiental só veio incorporar as preocupações energéticas na década de 2000, como forma de contribuição para o atendimento das metas estabelecidas no Protocolo de Kyoto de 1997, que estabelece a redução da emissão de gases poluentes na atmosfera, que estejam ligados ao aquecimento global. O documento é um acordo internacional assinado por 141 países baseado nos Princípios do Tratado da Organização das Nações Unidas sobre mudanças climáticas.

As edificações comerciais, com o crescimento da economia mundial no século XX e o desenvolvimento tecnológico no âmbito dos projetos arquitetônicos e civis, puderam ser construídas com maiores dimensões no comprimento, largura e altura. Os arranha-céus se espalharam pelo mundo, criando uma forma de *status quo* para seus autores, dando prestígio para quem constrói o edifício mais alto do mundo, isolados do ambiente externo, com interiores projetados para garantir a máxima eficiência e produtividade da força de trabalho dos seus usuários, prevendo em suas instalações internas uma variedade de equipamentos e subprodutos que dariam apoio às atividades desenvolvidas (STERLING *et al.*, 1991).

A ventilação passa a ser tratada na forma de dutos e sistemas de ar condicionado espalhados por toda a estrutura física dos edifícios, responsáveis pelo aquecimento ou

resfriamento do ar externo, distribuição e renovação do ar, impedindo o contato direto dos ambientes internos ao ar externo. O objetivo passa a ser a prevenção da poluição externa, proveniente do tráfego, indústrias e etc., nos meios urbanos e o ar no ambiente interno passa a ser controlado por sistemas mecânicos que utilizam dutos de ar refrigerados ou aquecidos por um sistema centralizado. Janelas e vãos livres dão espaço para mais espaços de trabalho (STERLING *et al.*, 1991).

Estes novos ambientes são preenchidos por mobiliário e elementos arquitetônicos e decorativos que tem em sua composição química resinas de formaldeído presentes em móveis e divisórias produzidos com madeira aglomerada, colas especiais para fixação de carpetes, equipamentos eletrônicos como impressoras, fotocopiadoras, *plotters*, materiais e produtos de limpeza que liberam matéria inorgânica tóxica na micro atmosfera dos interiores dos grandes edifícios. A solução encontrada pelos engenheiros é a utilização de filtros instalados nos dutos dos sistemas centrais de ar condicionado, que deveriam purificar o ar interno circulante, mas se tornam criadouros de uma vasta variedade de microrganismos e transformam os edifícios contemporâneos em fontes de doenças para seus usuários (STERLING *et al.*, 1991).

Castro (2007) explica que no Brasil a Síndrome do Edifício Doente (SED) teve repercussão nacional com a morte do Ministro das Comunicações Sérgio Motta, em 1998, causada por inflamações no pulmão devido, entre outros fatores, à exposição a ambientes poluídos e contaminados por bactérias alojadas em sistemas de ar condicionado. Conceitua a SED através da “[...] *relação entre causa e efeito das condições ambientais observadas em áreas internas, com reduzida renovação de ar, e os vários níveis de agressão à saúde de seus ocupantes através de fontes poluentes de origem física, química e/ou microbiológica [...]*” (CASTRO, pg. 27, 2007).

Os principais sintomas causados pela SED, de acordo com Sterling *et al.* (1991), são dores de cabeça, irritação nos olhos que incluem dor, secura, coceira e lacrimejamento, problemas nasais como coriza, constipação e irritações, problemas na garganta como secura, dores ou irritações, sensações de pressão no tórax e dificuldades respiratórias, fadiga, letargia, sonolência e debilidade, secura, coceira e irritações na pele e problemas cognitivos que afetam a concentração no ambiente de trabalho que são causados por matéria inorgânica como formaldeídos<sup>6</sup> presentes em isolantes térmicos, produtos de limpeza, solventes presentes em tintas frescas, percloroetileno, fibra de vidro presente nos sistemas de ventilação, ozônio e gases liberados pelos equipamentos de fotocopiadoras que aquecem óleos e álcool metílico.

---

<sup>6</sup> Composto orgânico volátil (COV) de ação conservante, produzido através do metanol que em temperatura ambiente evapora facilmente.

Nota-se que a maioria dos elementos citados circulam pelos dutos e sistemas de refrigeração central. São problemas que, segundo Sterling *et al.* (1991) podem ser solucionados através de recursos arquitetônicos que aumentam o suprimento de ar fresco nos ambientes internos das edificações, tendo em vista que a ventilação inadequada é responsável por 68% dos casos de SED.

Castro (2007) cita os poluentes químicos como fatores de risco e causadores da SED, sendo o monóxido e dióxido de carbono, amônia, dióxido de enxofre que são produzidos nos interiores dos edifícios “blindados” através dos produtos e materiais de construção utilizados na execução destes prédios. Os materiais de limpeza, fumaça de cigarro e metabolismo do corpo humano, são poluentes biológicos bioaerossóis como as algas, fungos, bactérias, vírus, protozoários e ácaros que são proliferados pelos sistemas de refrigeração central nos dutos de ar condicionado que se configuram como lugares propícios para o desenvolvimento da ecologia do meio ambiente interno por serem úmidos e fechados (STERLING *et al.*, 1991).

Os bioaerossóis influenciam diretamente na qualidade do ar de interiores do meio ambiente dos EAS, agindo nos funcionários e pacientes que podem contrair doenças ou ter seu estado de saúde agravado, principalmente naqueles que permanecem durante muito tempo dentro dos edifícios hospitalares, onde os microrganismos se dispersam pelo ar e ali permanecem por longos períodos de tempo, contaminando tudo ao seu redor (HERNANDEZ, 2011).

A solução para esta síndrome varia de acordo com os casos específicos de cada edifício, no que tange ao tipo de atividade desenvolvida no local, tipologia da população interna, implantação do edifício no meio urbano e sua proximidade com fontes poluidoras instaladas no entorno, equipamentos eletrônicos, materiais de construção e de decoração presentes nos ambientes internos. Porém, existe uma solução que é notória na literatura específica, que pode amenizar e até mesmo eliminar alguns agentes poluentes nos interiores dos edifícios que é através do suprimento de ar fresco, proveniente de um projeto arquitetônico que preveja ventilação adequada garantindo a renovação do ar.

A instalação de sistemas de filtros adequados nos sistemas de refrigeração central pode se caracterizar como uma barreira para a proliferação de matéria orgânica e o controle de temperaturas e umidade relativa também ajuda no processo de minimização dos sintomas da síndrome. Porém, há a necessidade expressa de que sejam realizadas manutenções preventivas destes sistemas de filtração, pois os mesmos podem se tornar locais propícios para a instalação e crescimento de agentes infecciosos como fungos e bactérias (STERLING *et al.*, 1991).

A SED não exclui os EAS, sendo que, de acordo com Afonso *et al.* (2004) as infecções hospitalares podem ser potencializadas pela poluição do meio ambiente interno. Entende que as diferentes áreas de atendimento hospitalar devem ser separadas/setorizadas de acordo com o potencial de risco de infecções classificando as áreas em “não críticas”, “semicríticas” e “críticas”. As não críticas são espaços não destinados aos pacientes como setor administrativo e almoxarifado; as semicríticas são ocupadas por pacientes que requerem atendimento primário e secundário (atendimentos emergenciais e que não exigem cuidados intensivos) como ambulatórios e enfermarias e por fim, as críticas que são habitadas por usuários que sofrem procedimentos invasivos, pacientes imunocomprometidos, onde os funcionários manuseiam substâncias infectantes (centros cirúrgicos, por exemplo). É de notório saber através de investigações epidemiológicas em EAS que as infecções hospitalares (IH) podem ter sua causa nos sistemas de refrigeração central.

É necessário que sejam observadas as condições climáticas e a empregabilidade de soluções arquitetônicas que utilizem os recursos naturais como, sol, chuva, vento e vegetação com o intuito de minimizar os impactos ambientais internos de um edifício, que pode inclusive ajudar na diminuição do consumo energético. No Brasil, inúmeros arquitetos inspiram o aprimoramento da arquitetura mediante o aproveitamento da iluminação e ventilação natural, por intermédio de uma equipe multidisciplinar de projeto composta por arquitetos, engenheiros (de todas as áreas pertinentes) e epidemiologistas, que irão contemplar projetualmente todos os possíveis riscos que a nova construção poderá trazer aos seus usuários, prevendo erros e problemas, gerando um produto construtivo com uma “interface ambiental” mais segura, dinâmica e salubre.

### 3.3 ARQUITETURA HOSPITALAR

A recuperação dos pacientes nos EAS e a ocorrência de infecções hospitalares estão diretamente relacionadas com a qualidade do ar, principalmente em unidades de saúde que atendem pacientes portadores de doenças imunodepressoras, ou seja, que tem seu sistema imunológico comprometido (QUADROS *et al.*, 2009). Afonso *et al.*, (2004) complementam este pensamento incluindo os pacientes transplantados, politraumatizados e demais internados que permanecem nos hospitais por um longo período de tempo.

Serranheira *et al.* (2010) lembram que os funcionários dos EAS também sofrem com as contaminações e infecções hospitalares e defende um ambiente de trabalho que ofereça segurança e salubridade, tornando os ambientes internos dos hospitais estáveis de forma

tecnológica e humana. Reforça que a ergonomia pode auxiliar nos projetos arquitetônicos de EAS de maneira que os equipamentos manipulados, o *design*, *softwares*, práticas cotidianas, desenvolvimento de processos de trabalho, possam aprimorar a relação homem-sistema-ambiente. Entende-se neste momento que “sistema” é o conjunto das interfaces hospitalares que permitem ao usuário interagir com o ambiente interno hospitalar de forma que consiga executar seus trabalhos. Deve atender às características de atividades e tipos de usuários de forma específica, para evitar o que se chama de “interfaces inadequadas”.

Serranheira *et al.* (2010) chamam de “problemas estruturais” as más concepções de ambientes de trabalho, das circulações, dos fluxos, má iluminação, a falta de isolamento acústico e temperaturas ambientes inadequadas de acordo com as atividades a serem desenvolvidas, dentre outros fatores. Influenciam na qualidade do trabalho dos funcionários dos hospitais e principalmente na segurança do doente (SERRANHEIRA *et al.*, 2010).

A troca ou renovação do ar torna-se importante nestes estabelecimentos assim como a filtração eficaz do ar recirculado que pode minimizar ou evitar a proliferação de microrganismos. A identificação das fontes poluidoras se configura como um importante passo para frear futuros casos de infecções hospitalares. Moscato (2000) classifica estas fontes em internas e externas. A primeira se configura pelas pessoas, aparelhos de ar condicionado, ventiladores, umidificadores, plantas e até mesmo alguns alimentos. A segunda pelo solo, poeira, material inorgânico proveniente de construções no entorno de EAS, reformas e material orgânico.

Fungos, bactérias e vírus encontram nestas fontes meios favoráveis para se proliferar, principalmente nos sistemas de ar condicionado, que são contaminados por partículas de poeira e podem ter seus filtros colonizados por bactérias e fungos, que por sua vez, conseguem sobreviver nos ambientes secos espalhando-se por toda a edificação por longos períodos de tempo (EICKHOFF, 1994).

Afonso *et al.* (2004) concluem que cuidados especiais devem ser tomados nos projetos de ambientes hospitalares como nas salas de operação, onde deve ser previsto um isolamento de proteção com pressão positiva, renovação de ar com mais de 12 trocas de ar externo por hora, filtros específicos para cada tipo de atendimento hospitalar (destacando o HEPA - *High Efficiency Particulate Arrestance*), implantação do EAS em terreno longe de fontes poluidoras urbanas e manutenção eficaz dos filtros, dutos e sistemas de ar condicionado.

### 3.3.1 Histórico Sobre a QAI e as Relações com a Arquitetura Hospitalar

O estudo de como o homem entendeu a importância da arquitetura de ambientes hospitalares e criou projetos arquitetônicos que se transformaram, ao longo do tempo, em verdadeiros centros de excelência na atenção à saúde humana, neste momento, faz-se necessário.

Os cuidados com a saúde humana eram vinculados com princípios filosóficos na Idade Antiga. Nas sociedades chinesa e japonesa, a estrutura familiar já aplicava os conceitos da medicina familiar, quando os jovens cuidavam dos parentes idosos dentro de suas próprias residências. Os centros de recuperação de saúde tal como são conhecidos atualmente, tem seu processo embrionário no Oriente Médio e centros urbanos asiáticos, mais precisamente no Iraque, Iran, Egito e Turquia e moldaram a arquitetura hospitalar europeia (VERDERBER, 2010).

As percepções sobre salubridade e higiene têm início no Egito antigo, quando foi identificado que as pessoas que trabalhavam nos interiores de minas de carvão apresentavam elevada incidência de doenças pulmonares em relação às pessoas que trabalhavam do lado externo, atribuindo as doenças ao elevado nível de poeira e entendendo que o uso da ventilação para o controle da poluição era muito importante (JANSSEN, 1999). Evitaram o uso de lareiras nos ambientes residenciais com o uso de paredes e pisos aquecidos e as passagens de ar conduziam o ar das lareiras para chaminés e estabeleceram a relação entre as áreas das janelas e claraboias com as de piso para iluminação e ventilação natural, usadas até os dias atuais, previstas nos Códigos de Obras de municípios brasileiros (JANSSEN, 1999).

Verderber (2010) lembra que Hipócrates foi o primeiro a considerar que a medicina se diferenciava da filosofia, estabelecendo o conceito de que o médico deveria possuir amplo conhecimento sobre a influência do meio ambiente na saúde humana, pois de acordo com seu ponto de vista, as doenças eram causadas em parte, devido a aspectos climáticos e fatores ambientais. Ele explica que os gregos perceberam que a cada estação do ano as condições climáticas traziam desafios diferentes à saúde do homem, e compreenderam que outros fatores como o suprimento de água potável e fresca à população e o estabelecimento de centros urbanos respeitando formas de implantação estratégicas que também consideravam a incidência predominante dos ventos, causavam impactos importantes na vida cotidiana das pessoas, fazendo delas mais propensas ou menos à doenças, distanciando-se das crenças filosóficas da época, que acreditavam que os males da saúde eram provenientes de aspectos astronômicos (VERDERBER, 2010).

A queda do Império Romano permitiu que a Igreja Católica emergisse na Idade Média afastando a sociedade dos conhecimentos prévios da influência de aspectos climáticos, geográficos e de salubridade provida através de edificações bem planejadas e, porque não dizer, embrionárias da arquitetura bioclimática, para produzir uma arquitetura monástica, fortificada e excludente.

De acordo com Verderber (2010), a sociedade feudal medieval tratava as pessoas portadoras de necessidades especiais, debilitadas, doentes, desfiguradas como indesejáveis e as segregavam por meio de decretos públicos em instituições em precário estado de conservação, afastadas dos centros feudais. Estes “hospitais monásticos” traziam “enfermarias-capelas” com tipologia arquitetônica em forma de cruz, com planta aberta que se misturavam com altares para prática religiosa. Agrupavam os “pacientes” em largas fileiras de camas, tornando-se espaços de miséria e de proliferação de doenças.

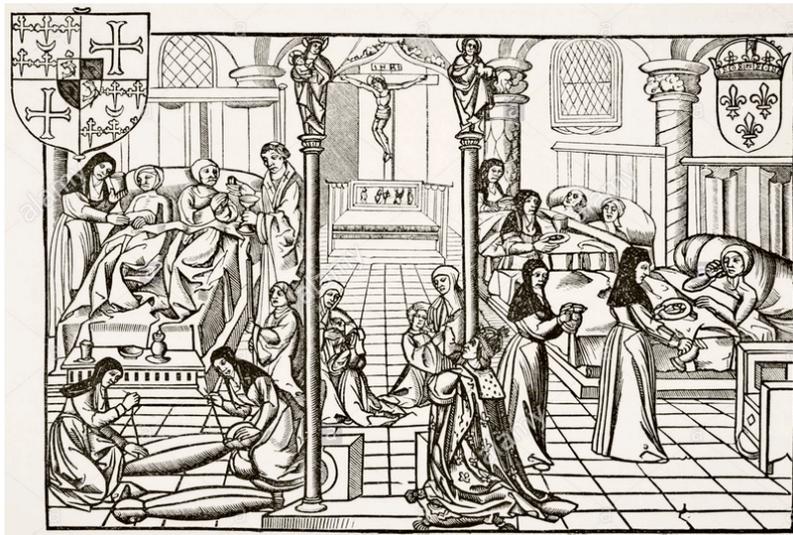
Ventilação e iluminação natural não eram relevantes neste período, as aberturas de janelas eram mínimas e as edificações eram construídas com pedras porosas, o que permitia ambientes úmidos e frios no inverno, gerando a necessidade de agrupamento de pessoas para que houvesse o mínimo de aquecimento corporal.

Havia também o “hospício”, que servia tanto para abrigo de viajantes, quanto enfermarias e o “asilo”, que servia para abrigar pacientes com distúrbios mentais e exilados, que se caracterizavam arquitetonicamente por possuírem interiores com péssima qualidade do ar e pouca ou nenhuma iluminação natural (VERDERBER, 2010).

Costeira (2014) remonta aos séculos XVII e XVIII para explicar que a configuração do hospital contemporâneo se formou nesta época na Europa, quando instalações insalubres que abrigavam pacientes de forma agrupada, começaram a dar lugar a edificações com organizações espaciais diferentes que ofereciam melhores condições de tratamentos aos pacientes.

Em 1770, o mais famoso hospital da época na Europa, o Hôtel-Dieu de Paris, atendia cerca de 3000 pacientes por meio de 8 médicos e 10 cirurgiões, aproximadamente 5 cabines sanitárias para atender 580 doentes agrupados em apenas 3 salas (SAYAKA, 2006); visivelmente um modelo extremamente negativo de espacialidade que, além das características administrativas, apresentava uma edificação composta por materiais construtivos inflamáveis e localizava-se próximo a fontes poluidoras ou poluídas. A Figura 3 ilustra a forma precária de alojamento dos enfermos ainda no século XVI.

**Figura 3:** Hotel-Dieu, Paris, século XVI



Fonte: <http://www.alamy.com/stock-photo-a-ward-in-the-hotel-dieu-paris-france-16th-century-22264952.html>

Segundo Pinheiro (2012), o hospital parisiense passou por vários incêndios, o último no ano de 1772, levando a sociedade a refletir sobre a arquitetura e forma de atendimento aos enfermos do hospital, levando à produção de vários relatórios e projetos arquitetônicos, dentre eles os do médico francês Jacques-René Tenon, publicados em 1788, que criticavam a sua antiga estrutura administrativa e espacial.

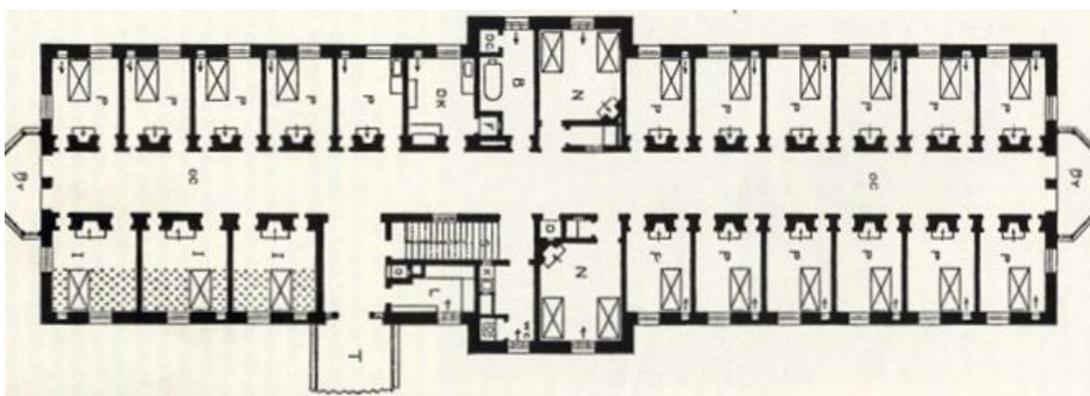
Costeira (2014) também destaca os relatórios de Tenon, que considerava a estagnação do ar e a umidade como elementos responsáveis pela situação insalubre dos hospitais na época, levando-o a realizar estudos volumétricos arquitetônicos que estabeleciam uma relação entre dimensão e lotação (número de leitos) de ambientes hospitalares, sugerindo um volume mínimo ideal de ar renovado para cada paciente. Ademais, sugeriu uma edificação hospitalar em forma de pavilhões, separando os tipos de atendimentos e terapias, ou agrupando-as de acordo com suas similaridades e o estabelecimento do número de três pavimentos como o ideal para estes estabelecimentos.

Costeira (2014), Pinheiro (2012) e Verderber (2010) concordam que o século XIX traz descobertas e inovações tecnológicas que irão reconfigurar os tratamentos médicos e os espaços de terapias hospitalares em todo o mundo. O desenvolvimento de práticas de assepsia, transformação da enfermaria monástica em laica, novas tecnologias de tratamento como anestesia, se unem a compreensão da importância de espaços internos de cura projetados para prover ventilação e iluminação natural, pois há o entendimento nesta época que a emanção de

eflúvios de matéria em decomposição, trazida à luz do conhecimento pela “teoria dos miasmas”, é responsável pela propagação de doenças.

Os hospitais passam a ser projetados de forma que diferentes patologias fiquem em pavilhões separados e pacientes e locais de esterilização são segregados em ambientes diferentes. A tipologia da arquitetura hospitalar se transforma em sistema pavilhonar múltiplo (Figura 4), o que permite o aumento da área construída dos EAS que passarão a ocupar quarteirões inteiros e a se verticalizar (COSTEIRA, 2014). Pinheiro (2012) complementa que neste momento, as metodologias de projeto passam a integrar a figura do médico e do arquiteto em um estreitamento de suas relações para fins projetuais.

**Figura 4:** Planta de um dos pavilhões do Hospital John Hopkins, século XIX. Uma cama por dormitório

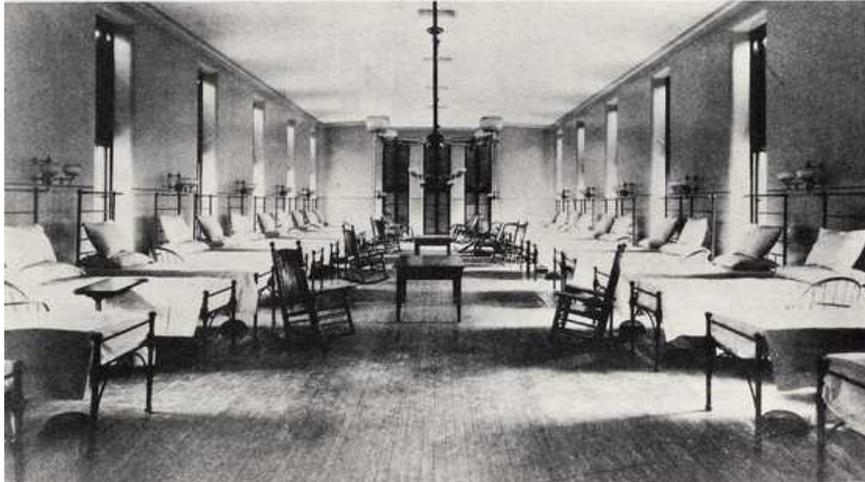


Fonte: <http://healtharchitecture.wikifoundry.com/page/Nightingale+Ward+Concept%3A>

As enfermarias *Nightingale* são um reflexo deste período de adequações e novas reflexões espaciais que caracterizou a arquitetura hospitalar do século XIX. Usa exaustivamente o sistema pavilhonar<sup>7</sup> para separar pacientes com diferentes patologias, padroniza práticas profissionais, prioriza a ventilação natural como fator primordial para a renovação do ar interno para criar uma atmosfera purificada (Figura 5), uso da iluminação natural, uso de critérios projetuais de conforto ambiental (conforto térmico, acústico e lumínico) para os ambientes de internação, e considera a arquitetura como parte fundamental para a garantia do sucesso dos serviços prestados pelas enfermarias (PINHEIRO, 2012).

<sup>7</sup> Construções em forma de pavilhões, separados por pátios e/ou jardins.

**Figura 5:** Enfermaria (estilo Nightingale) do Hospital John Hopkins, século XIX, e as janelas longitudinais



Fonte: <http://healtharchitecture.wikifoundry.com/page/Nightingale+Ward+Concept%3A>

Novas tecnologias construtivas possibilitam a verticalização das edificações principalmente nos Estados Unidos, onde observou-se na cidade de Chicago a construção de arranha-céus, a valorização dos terrenos urbanos, projetos de urbanismo com novos conceitos, a inserção da estrutura metálica na construção civil, uso de novos equipamentos para gerar circulação vertical, como elevadores, e os sistemas de ar condicionado que refrigeram ou controlam o ar interno. Elementos que vão influenciar diretamente os projetos hospitalares, e que, aliados à escassez de mão de obra médica e à vontade de diminuir os fluxos e percursos dentro dos edifícios de EAS, trazem uma nova concepção espacial e morfológica para a arquitetura hospitalar (COSTEIRA, 2014), verticalizando-os, sendo esta uma das principais características tipológicas hospitalares do século XX.

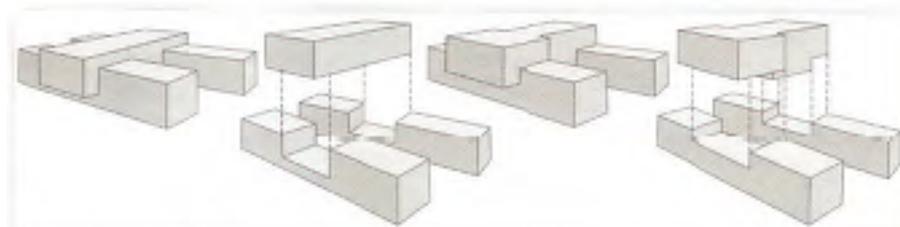
Harty *et al.* (2015) acrescentam que a elaboração projetual do espaço hospitalar no século XX traz novos conceitos espaciais que focam na representatividade que cada ambiente tem no recebimento do paciente, ou seja, na forma com que o hospital atrai a população para seu interior, pois agora este passa a ser uma interface entre a patologia e sua cura, um abrigo arquitetônico que tem como finalidade tratar todo e qualquer paciente, e por isso, aproxima esta nova “interface arquitetônica de cura” à construção de espaços organizacionais que permitem seu uso através de um *design* complexo interdisciplinar e que está integrado à questões de ergonomia do espaço e principalmente, à questões de eficiência energética.

No Brasil, a arquitetura hospitalar tem início com a vinda dos padres jesuítas da Companhia de Jesus, no século XVI, mais precisamente com a inauguração da Santa Casa de Santos – SP, fundada em 1543 por Braz Cubas. Diferente do que aconteceu na Europa e na maioria dos países no mundo, os EAS brasileiros sempre estiveram atrelados à iniciativas

governamentais para assistência de saúde. A arquitetura hospitalar brasileira traz inovações projetuais diferenciadas somente a partir da década de 1920, atada aos conceitos do movimento moderno brasileiro, que abriu a possibilidade de criar um ato projetual arquitetônico hospitalar que se destaca principalmente a partir da década de 1950, podendo ser representada neste caso específico hospitalar pelos arquitetos Rino Levi, João Filgueiras Lima (Lelé), Jorge Machado Moreira e Oscar Niemeyer (COSTEIRA, 2014).

O foco nos projetos arquitetônicos hospitalares brasileiros é na melhoria da qualidade organizacional dos hospitais, com tipologias multipavilhonares (como pode ser visto na Figura 6), criação de protocolos de serviços e atendimentos, setorização ambiental e formas de acreditação das instituições hospitalares, no sentido de validar junto à sociedade, a garantia da boa qualidade no atendimento e solução de problemas de saúde de determinado EAS.

**Figura 6:** Concepção projetual do Hospital da Brigada Militar de Recife - PE



Fonte: GÓES, 2004, p. 13

Este panorama histórico mostra que a evolução da arquitetura hospitalar subordina-se principalmente ao avanço de pesquisas médicas sobre os tratamentos de saúde, nos avanços tecnológicos médicos e da construção civil e na preocupação com a higienização dos espaços internos, o que permite entender que no final do século XX e início do século XXI, a integração de profissionais para o processo de projeto de hospital, através de equipes de projeto multidisciplinares, que compatibilizam arquitetura, tecnologias de construção sustentáveis, garantem espaços internos salubres que minimizam a propagação de doenças e principalmente, mais humanizados, que promovem ao paciente e aos usuários conforto físico e psicológico.

### 3.4 INTERFACE AMBIENTAL

Os materiais usados na construção civil como tipo de isolamento/paredes da edificação, de revestimentos, de pisos, de mobília usada, eletrônicos, liberam partículas ao longo do seu tempo de uso, mas principalmente, a localização ou implantação da edificação no meio urbano, as dimensões das aberturas (janelas principalmente), sistemas de ventilação e renovação do ar

eficientes, influenciam diretamente na qualidade do ar de interiores, assim como as atividades desenvolvidas nestes interiores que geram poluentes internos como o Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>), Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), Ozônio (O<sub>3</sub>), Radônio, Chumbo, Compostos Orgânicos Voláteis (COV), materiais particulados e contaminantes microbiológicos (PAGEL *et al.*, 2016).

A tomada de decisão projetual por um tipo de construção saudável pode minimizar a liberação de poluentes nos ambientes internos, referentes à matéria inorgânica, trazendo benefícios aos usuários da edificação como qualidade de vida e segurança no ambiente de trabalho, conforto e funcionalidade.

Viljoen (2013) complementa a ideia de Pagel *et al.* (2016) que, além da importância do programa de necessidades e das relações entre homem, geografia e clima, a origem dos materiais empregados na obra, a energia gasta na fabricação destes e os impactos que causam no meio ambiente, sua toxicidade, forma de transporte, grau de poluição, vida útil, dentre outros fatores, são importantes dados que devem ser levados em consideração em um projeto. Chama isto de “energia incorporada”. Quanto maior a quantidade de energia incorporada na produção e logística de transporte e emissão de gás carbônico em todos estes processos, mais poluente é o material e menos indicado para uma construção que tem a intenção de ser ambientalmente sustentável.

Não basta apenas escolher o material a ser empregado na construção pela sua apresentação final, mas primordialmente, ter conhecimento das etapas de sua produção, armazenamento, transporte, distribuição (logística) e armazenamento dos rejeitos (visto o caso do rompimento das barragens de resíduo de minério de ferro das empresas SAMARCO, na cidade brasileira de Mariana - MG, no ano de 2015 e da Vale do Rio Doce, na cidade de Brumadinho - MG, no ano de 2019).

A arquitetura como “interface ambiental” pode permitir uma reflexão sobre o papel do arquiteto e demais profissionais da construção civil, pois traz à luz do conhecimento construtivo toda a sua responsabilidade social. Um edifício não pode trazer malefícios aos seus usuários, mas sim, oferecer conforto ambiental e deve funcionar como um abrigo que garante conforto térmico, lumínico, acústico e principalmente qualidade do ar nos seus interiores.

Este “abrigo” respira e dialoga com o entorno em que está inserido por meio de trocas de calor, de luz e de ar entre os ambientes externos e internos. Como Roaf *et al.* (2013) defendem, é uma terceira pele que protege o usuário e o conforta e desta forma, não deve se transformar em um meio de proliferação de problemas que trarão revezes à saúde das pessoas que o ocupam. A QAI deve ser levada em consideração pela equipe multidisciplinar de projeto

dos EAS, para trazer renovação do ar através de elementos arquitetônicos que permitam trocas de ar, mesmo em EAS que usam ventilação por meio de ar condicionado.

Muito é discutido na área da arquitetura sobre as formas projetuais, principalmente quando se olha para o passado e vê-se como os profissionais estudaram e ainda discutem as tipologias dos edifícios de EAS. Fala-se muito sobre a necessidade de ter uma equipe multidisciplinar na fase projetual e que esta fase deve considerar não somente o programa de necessidades, mas também prever possíveis erros ou situações que podem trazer problemas futuros. Defende-se exaustivamente que os estudos preliminares e de anteprojeto devem ser etapas de projeto mais extensas, garantindo um CAPEX (*capital expenditure* – investimentos na fase projetual) mais eficiente que evite altos gastos pós-ocupação (OPEX – *operational expenditure* – investimentos de manutenção). Percebe-se que pouco se discute sobre o nível de conhecimento do Arquiteto e do Engenheiro Civil em questões técnicas. Pavimentos técnicos que abrigam máquinas de refrigeração de ar, *fancoils*, dentre outros equipamentos de ventilação, são desconsiderados pelos profissionais, localizados de forma equivocada nas implantações de edifícios, mesmo sendo estes locais os responsáveis pela QAI.

A literatura específica da área de Arquitetura e Urbanismo ainda não define de forma explícita como estes espaços técnicos devem ser projetados, revestidos e/ou localizados nas plantas; o que acontece no mercado da construção civil é que não existem protocolos, normas e/ou manuais de projeto que padronizem estes espaços e, sendo assim, estes pavimentos podem tornar-se locais de reprodução e proliferação de fungos, bactérias e vírus que irão se proliferar por todo o interior dos EAS através dos dutos de ar condicionado central, potencializando a ocorrência de infecções hospitalares.

### 3.5 AS DETERMINAÇÕES LEGAIS SOBRE CONTROLE DO AR

No Brasil, as normas reguladoras relacionadas à qualidade do ar de interiores no âmbito hospitalar são em sua maioria estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, mas toda a questão que envolve a ventilação nos ambientes dos EAS se complementam com demais leis de órgãos diferentes.

Este trabalho aborda de forma específica todos os requisitos legais que asseveram a captação de ar externo, sua filtragem e circulação nos ambientes internos dos EAS e procura descobrir critérios de projeto para os pisos técnicos que abrigam as máquinas dos sistemas de ar condicionado central e protocolos de manutenção dos equipamentos e dos ambientes.

### 3.5.1 Infrações Sanitárias e Qualidade do Ar

Esta análise legislativa inicia-se pela *Lei 6.437/1977*, que traz punição às infrações sanitárias, através de advertência, multa, apreensão, interdição e/ou inutilização, suspensão de vendas e/ou fabricação de produto, cancelamento de registro de produto, interdição parcial ou total de estabelecimentos, proibição de propaganda, cancelamento de autorização para funcionamento de empresas e cancelamento do alvará de licenciamento de estabelecimentos.

A *Lei 6.938/81* cita, em seu corpo textual, a criação da Política Nacional do Meio Ambiente, do Sistema Nacional do Meio Ambiente e do Cadastro de Defesa Ambiental.

Sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, ela versa que a “[...] *preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana*<sup>8</sup> [...]” e tem por objetivo compatibilizar o desenvolvimento econômico, definir áreas prioritárias de ação governamental, estabelecer critérios de padrões de qualidade, desenvolver e difundir técnicas de manejo, preservar e restaurar recursos ambientais e impor ao poluidor a sua preservação/recuperação.

A referida lei define ainda que o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA deve estabelecer normas e critérios para licenciamento de atividades mediante proposta do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, determinar a execução de Estudos de Impactos Ambientais, homologar acordos, determinar perdas e benefícios, difundir técnicas de manejo e estabelecer normas e padrões de controle da poluição.

O CONAMA, por sua vez, tem por objetivo o desenvolvimento de pesquisas e de processos tecnológicos para reduzir a degradação da qualidade ambiental; a fabricação de equipamentos antipoluidores e a criação de iniciativas para a racionalização do uso de recursos naturais.

Essa lei estabelece que a Política Nacional do Meio Ambiente - PMNA deve ficar responsável pelos padrões de qualidade, zoneamento ambiental, avaliação de impactos ambientais, licenciamento e revisão de atividades, incentivos à produção, criação de espaços territoriais – proteção e pelo Sistema Nacional de Informações do Meio Ambiente. O não

---

<sup>8</sup> Brasil. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 02 set. 1981.

cumprimento dos padrões de qualidade estabelecidos pela PNMA, pode gerar multa simples ou diária, perda ou restrição de incentivos ou benefícios, perda ou suspensão de participação em linhas de financiamento e a suspensão da atividade econômica. O Poluidor é obrigado a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e à terceiros. Nos casos em que o poluidor põe à perigo a incolumidade humana, animal ou vegetal, a punição é na forma de pena de reclusão de 1 a 3 anos e multa de 100 a 1000 MRV, pena dobrada nos casos de dano irreversível à fauna e etc., lesão corporal grave, quando a poluição é decorrente do transporte ou atividade industrial e de crime praticado durante a noite, domingo ou feriado.

A *Resolução CONAMA n°5*, de 15 de junho de 1989 vem estabelecer estratégias para o controle, preservação e recuperação da qualidade do ar, com o intuito de proteger a saúde e bem-estar da população e garantir melhoria de vida permitindo ao mesmo tempo que haja desenvolvimento econômico e social de forma ambientalmente segura<sup>9</sup>, através da limitação dos níveis de emissão de poluentes através de mecanismos de melhoria da qualidade do ar, atendimento à padrões estabelecidos, com a criação do PRONAR – Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar. Se evidencia pela criação de dois padrões de qualidade do ar, os primários e os secundários. Os padrões primários se caracterizam pelas altas concentrações de poluentes que podem afetar a saúde humana e os secundários pelas concentrações abaixo do que se prevê o mínimo efeito prejudicial ao bem-estar da população.

Ela classifica os usos de ambientes e espaços externos para facilitar a implementação de políticas de não deterioração da qualidade do ar externo, sendo a Classe I para áreas de preservação, lazer e turismo; Classe II para áreas onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão secundário de qualidade, citado no parágrafo anterior e a Classe III para áreas de desenvolvimento orientados pelo padrão primário de qualidade.

Esta resolução estabelece meios para garantir o monitoramento da qualidade do ar, gerenciamento do licenciamento de fontes de poluição do ar e torna ação estratégica a criação de um inventário nacional de fontes e poluentes do ar, visando o desenvolvimento nacional na área da qualidade do ar externo.

A *Resolução CONAMA n°491*, de 19 de novembro de 2018 complementa a CONAMA n°5, pois define como padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassados, podem afetar a saúde, segurança e o bem-estar de uma população específica. Define poluente atmosférico por qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos

---

<sup>9</sup> Estes três elementos, social, econômico e meio ambiente podem ser considerados o tripé conceitual de sustentabilidade.

e que tornem ou possam tornar o ar impróprio (nocivo à saúde), e inconveniente ao bem-estar público ou danoso aos materiais, fauna e flora, podendo ser remetida diretamente aos estados de qualidade do ar de interiores de EAS.

Fica evidente que estas legislações estabelecem parâmetros sobre partículas de material inorgânico para garantir a qualidade do ar de interiores em ambientes que podem ser hospitalares. É interessante perceber a conexão objetiva e clara que as leis fazem entre ar interno e externo, tendo em vista que até o momento, as resoluções trazem parâmetros, padrões e limites de tolerância de forma a permitir a plena atividade humana nos espaços internos sem aferir prejuízo à saúde.

### 3.5.2 QAI em Ambientes Climatizados

A Portaria do Ministério da Saúde *GM/MS nº3523 de 1998*, contém medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência dos componentes dos sistemas de climatização. Em seu Art. 9º define que o não cumprimento desse Regulamento Técnico configura infração sanitária, sujeitando o proprietário ou locatário do imóvel ou preposto, bem como o responsável técnico, quando exigido, às penalidades previstas na Lei 6.437, de 20 de agosto de 1977, com as suas atualizações periódicas de valores, sem prejuízo de outras penalidades previstas em legislações específicas que podem ser editadas pelo estado ou pelo município.

A penalidade a ser aplicada, quando se encontram pontos discordantes numa inspeção, é resultado da avaliação de toda equipe multidisciplinar que participa do processo e de seu consenso. A legislação fala em advertência, prazo para adequação às exigências e mesmo paralisação das funções em alguns casos. Cabe aos inspetores definir o grau de risco encontrado na situação avaliada e determinar a penalidade a ser aplicada, podendo esta ser pecuniária. Cria definições relacionadas à qualidade do ar de interiores para ambientes climatizados, ar de renovação, ar de retorno, boa qualidade do ar interno, climatização, filtro absoluto, limpeza, manutenção e Síndrome dos Edifícios Doentes, tornando-a importante para o processo de compreensão dos conjuntos formadores de ventilação mecanizada em ambientes hospitalares e suas áreas ou pisos técnicos que abrigam os equipamentos. Todavia não estabelece parâmetros sobre a periodicidade das manutenções, mas fornece dados importantes que são de alto valor para este trabalho como:

- a) Valor mínimo para a garantia de renovação do ar em ambientes climatizados: 27 m<sup>3</sup>/h/pessoa;
- b) Orienta que o descarte das sujidades sólidas, retiradas do sistema de climatização após limpeza, deve ser feito através de sacos de material resistente e porosidade adequada para evitar o espalhamento de partículas inaláveis;
- c) Estabelece que os proprietários, locatários e prepostos responsáveis por sistemas de climatização com capacidade acima de 5TR<sup>10</sup> (15.000 kcal/h ou 60.000 BTU/h), deverão manter um responsável técnico habilitado que deverá implantar e manter disponível no imóvel um Plano de Manutenção, Operação e Controle – PMOC, adotado para o sistema de climatização, que deverá conter a identificação do estabelecimento que possui ambientes climatizados, a descrição das atividades a serem desenvolvidas, as periodicidades das mesmas, as recomendações a serem adotadas em situações de falha do equipamento e de emergência;
- d) Define que o PMOC deve ser aplicado por intermédio da execução contínua direta ou indireta dos serviços de manutenção dos sistemas de climatização;
- e) Demanda que os procedimentos e resultados das atividades das manutenções devem ser divulgados a todos os usuários dos estabelecimentos climatizados.

Na mesma ordem, encontra-se a *Resolução nº9, de 16 de janeiro de 2003 (ANVISA)*, que revisa a Resolução nº 176, de 24 de outubro de 2000 (ANVISA). Ela estabelece padrões de referência de qualidade do ar de interiores em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo (os EAS se enquadram no escopo desta resolução). Esta resolução recomenda padrões referenciais para valor limite recomendável que separa as condições de ausência e de presença do risco de agressão à saúde humana, faixa recomendável de operação das temperaturas de bulbo seco, faixa recomendável de operação da umidade relativa e estabelece a obrigatoriedade do uso de filtros específicos que garantam a pureza do ar em ambientes climatizados.

A *Resolução nº9, de 16 de janeiro de 2003 (ANVISA)* referencia a Portaria GM/MS nº3523/98 criando subsídios para tomada de decisões do responsável técnico pelo gerenciamento do sistema de climatização, quanto a definição de periodicidade de procedimentos de limpeza e manutenção dos componentes do sistema, como pode ser observado no Quadro 1.

---

<sup>10</sup> TR - Tonelada de Refrigeração: medida de potência de refrigeração

**Quadro 1:** Periodicidade de procedimentos de limpeza e manutenção dos componentes do sistema de ar condicionado central

<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	Desincrustação semestral e limpeza trimestral
Serpentina de resfriamento	Desincrustação semestral e limpeza trimestral
Umidificador	Desincrustação semestral e limpeza trimestral
Ventilador	Semestral
Plenum de mistura/casa de máquinas	Mensal

Fonte: Portaria GM/MS nº3523/98

Ela 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 no Quadro 2.

**Quadro 2:** Fontes de poluentes segundo a Portaria GM/MS nº3523/98

<b>Agentes Biológicos</b>	<b>Principais fontes em ambientes interiores</b>	<b>Principais Medidas de correção em ambientes interiores</b>
Bactérias	Reservatório com água estagnada, torres de resfriamento, bandejas de condensado, desumidificadores, 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 ambiente 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.

Continua

**Quadro 2:** Fontes de poluentes segundo a Portaria GM/MS nº3523/98 (Continuação)

<b>Agentes Biológicos</b>	<b>Principais fontes em ambientes interiores</b>	<b>Principais Medidas de correção em ambientes interiores</b>
Protozoários	Reservatórios de água contaminada, bandejas e umidificadores de condensadores 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 de renovação de ar, evitar a presença de pessoas infectadas os 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 a NBR-6401 da ABNT.
Artrópodes	Poeira caseira.	Higienizar as superfícies fixas e mobiliário, especialmente os revestidos com tecidos e tapetes; restringir ou eliminar os usos desses revestimentos.
Animais	Roedores, morcegos e aves.	Restringir o acesso, controlar os roedores e os morcegos, os morcegos, ninhos de aves e respectivos excrementos.

Fonte: Portaria GM/MS nº3523/98

A Resolução nº9, de 16 de janeiro de 2003 (ANVISA) estabelece métodos analíticos de avaliação e controle do ar ambiente interno, que tem como objetivo pesquisa, monitoramento e controle ambiental da possível colonização, multiplicação e disseminação de fungos em ar ambiente interior; controle do processo de renovação de ar em ambientes climatizados; controle de aerodispersóides totais em ambientes interiores climatizados; formas de inspeção e definição de responsabilidade técnica.

Todos os elementos abordados nesta resolução a tornam crucial para a compreensão dos resultados obtidos através das análises microbiológicas dos filtros de ar condicionado do EAS analisado neste trabalho, tendo em vista que os padrões estabelecidos não são alcançados pelas instituições visitadas assim como pelo estabelecimento em questão, fato que pode esclarecer a verdadeira situação da qualidade do ar interior em ambientes hospitalares no Brasil.

### 3.5.3 Projeto Arquitetônico

A Resolução – RDC nº50, de 21 de fevereiro de 2002 (ANVISA) dispõe sobre o regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Faz-se importante sua análise na busca de informações sobre como os profissionais da área da construção civil, Arquitetos e Engenheiros, podem estabelecer critérios e parâmetros de projeto para áreas específicas dos compartimentos de abrigo das máquinas de ar condicionado e suas interligações com os demais ambientes hospitalares como localização, tipologia e como devem ser os formatos de previsão de ventilação e iluminação natural nos interiores destes “pavimentos técnicos”, responsáveis pelas tomadas de ar externo que alimentam os interiores dos EAS.

Sendo assim, a RDC nº50/2002 versa sobre as construções novas de estabelecimentos assistenciais de saúde de todo o país; sobre as áreas a serem ampliadas de EAS já existentes e sobre reformas, submetendo à Lei nº6.437/77 as penalidades pelas inobservâncias das normas aprovadas pelo regulamento técnico que a RDC traz em seu escopo.

### 3.5.4 Projeto Arquitetônico e Pavimento Técnico

Tendo o foco no que se refere à climatização, encontra-se as primeiras diretrizes da RDC já no programa básico de instalações de ar condicionado, ou “estudos preliminares de projeto”, quando o profissional deve considerar para o dimensionamento dos sistemas de climatização:

- Descrição básica do sistema de climatização, mencionando: filtros, água gelada, "self" a ar, etc.;
- Previsão do consumo de água;
- Previsão de consumo de energia elétrica;
- Elaboração do perfil da carga térmica;
- Elaboração do estudo comparativo técnico e econômico das alternativas técnicas para o sistema;
- Localização da central de casa de máquinas em função dos sistemas propostos;
- Pré-localização do sistema de distribuição, prumadas dos dutos e redes de água em unifilares da alternativa proposta.
- Para o projeto executivo, os profissionais devem considerar:
- Definição dos pesos e dimensões dos equipamentos para o sistema proposto;

- Confirmação da alternativa do sistema a ser adotado;
- Confirmação das áreas a serem climatizadas;
- Confirmação das áreas a serem ventiladas;
- Confirmação dos consumos de água e energia elétrica;
- Compatibilização com os projetos básicos de instalações elétrica e hidráulica com o sistema adotado;
- Proposição das redes de dutos unifilares com dimensionamento das linhas tronco de grelhas, difusores, etc.;
- Localização dos pontos de consumo elétrico com determinação de potência, tensão e número de fases;
- Localização dos pontos de consumo hidráulico (água e drenagem).

Não há o estabelecimento de parâmetros para projeto e a fiscalização projetual fica a cargo do Conselho de Engenharia e Agronomia – CREA e do Conselho de Arquitetura e Urbanismo – CAU. Fica à cargo da avaliação da Vigilância Sanitária (ANVISA), através de pareceres técnicos, a avaliação de projetos quanto à:

- Adequação do projeto arquitetônico às atividades propostas pelo EAS;
- Funcionalidade do Edifício;
- Dimensionamento dos Ambientes;
- Instalações Ordinárias Especiais:

Verificação da adequação dos pontos de instalações projetados em relação ao determinado por este regulamento, assim como das instalações de suporte ao funcionamento geral da unidade (ex.: sistema de ar condicionado adotado nas áreas críticas, sistema de fornecimento de energia geral e de emergência (transformadores, e gerador de emergência e *no-break*), sistema de gases medicinais adotado, sistema de tratamento de esgoto e sistema de tratamento de resíduos de serviços de saúde - RSS (a parte de resíduos é normatizada pela RDC 222/18 da ANVISA), quando da instalação de sistemas para esses fins, e equipamentos de infraestrutura, tais como: elevadores, monta-cargas, caldeiras, visando evitar futuros problemas decorrentes da falta dessas instalações. (ANVISA, RDC 50, p.19, 2002).

- Especificações Básicas dos Materiais.

Todos estes elementos devem estar representados graficamente nas plantas de todos os pavimentos com nomenclatura conforme listagem de ambientes referenciada na própria RDC e suas medidas internas contendo inclusive as espessuras de paredes, material e tipo de

acabamento. É solicitado um memorial descritivo contendo texto explicativo das instalações de ar condicionado e ventilação mecânica, indicando fórmulas, dados e métodos utilizados nos dimensionamentos de cargas térmicas, consumo de água, carga elétrica, número de trocas de ar e filtros de ar; porém, nada é encontrado no texto que discrimine especificamente qual o tipo de material construtivo deve ser utilizado na arquitetura dos pavimentos técnicos bem como dimensionamento mínimo exigido (conforme Tabela 1), fator importante citado pela comunidade científica, que influencia na qualidade do ar de interiores dos EAS. É exigido apenas que haja uma relação quantitativa e qualitativa dos materiais no âmbito da qualidade e tipo, características para identificação no projeto, unidade de comercialização e quantidades.

**Tabela 1:** Características de projeto de acordo com a RDC 50/ANVISA  
Unidade Funcional 8 – Apoio Logístico

Nº Ativ.	Unidade / Ambiente	Dimensionamento		Instalações
		Qualificação (min.)	Dimensão (min.)	
8.7	Limpeza e Zeladoria			
8.7	Depósito de material de limpeza com tanque (DML)	1 em cada unidade requerente	2,0 m <sup>2</sup> com dimensão mínima = 1,0 m	HF
5.3.1; 5.3.2; 8.7; 8.1.1	Sala de utilidades com pia de despejo <sup>2</sup>		4,0 m <sup>2</sup> com dimensão mínima = 1,5 m. Quando houver guarda temporária de resíduos sólidos acrescer 2m <sup>2</sup>	HF; ADE
8.7	Sala de preparo de equipamento / material		4,0 m <sup>2</sup> com dimensão mínima = 1,5 m	HF
8.7	Abrigo de recipientes de resíduos (lixo) <sup>2</sup> - Depósito (com no min. 2 boxes- resíduos biológicos e comuns) - Depósito de resíduos químicos - Higienização de recipientes coletores	1 servindo a toda edificação onde estiver localizado o EAS	Depósito: cada box deve ser suficiente para a guarda de dois recipientes coletores Depósito químicos: a depender do PGRSS <sup>2</sup> do EAS Higienização: box para um carro coletor	HF
8.7	Sala para equipamento de tratamento de resíduos	De acordo com o PGRSS <sup>2</sup> do EAS	ADE	ADE
8.8	Segurança e Vigilância			
8.8	Área para identificação das pessoas e/ou veículos	Um para cada acesso	4,0 m <sup>2</sup>	
8.9	Entre estrutura predial			

Continua

**Tabela 1:** Características de projeto de acordo com a RDC 50/ANVISA (Continuação)

Unidade Funcional 8 – Apoio Logístico				
8.9.1	Sala para equipamentos de geração de energia elétrica alternativa	1	De acordo com as normas da concessionária local e com equipamento utilizado	EE; ED
8.9.1	Sala para subestação elétrica	1. A depender da demanda de carga elétrica do estabelecimento		
8.9.1; 8.9.3	Área para caldeiras <sup>1</sup>	1. A depender das atividades do EAS	A depender dos equipamentos utilizados	EE (ar condi. E bombas); ADE
	Cada das caldeiras <sup>1</sup>			
8.9.1	Sala para equipamentos de ar condicionado	1(de cada). A depender das atividades do EAS		
	Casa de bombas /maquinas			
8.9.3	Área para tanques de gases medicinais	1. A depender das atividades do EAS	A depender dos equipamentos utilizados	EE
8.9.4	Garagem		No mínimo 2 vagas para ambulâncias. Conforme o código de obras loca. Vide capítulo – circulações externas e internas	
8.9.4	Estacionamento	1		

Fonte: ANVISA, RDC 50, pg. 81, 2002

### 3.5.5 Condições Ambientais de Conforto

A RDC nº50/2002 estabelece de forma objetiva condições ambientais de conforto, indicando quais os ambientes solicitam sistemas de controle das condições de conforto higrométrico e de qualidade do ar diferentes em função dos grupos populacionais que os frequentam, das atividades desenvolvidas neles e das características dos equipamentos presentes em seus interiores. Os locais em que a ventilação pode ser direta ou indireta, com presença de ventiladores, ar condicionado de janela ou *Split* são aqueles funcionais de atendimento primário e/ou secundário.

Ambientes funcionais que produzem odores, que poluem o ar, em que os pacientes permanecem durante muito tempo, salas de observação, internação geral e demais que demandam maiores níveis de assepsia, devem respeitar as instalações indicadas na RDC por via de sistema de climatização central, com sistema de filtração especial, respeitando as normas: ABNT/NBR-6401, ABNT/NBR-7256, Portaria do Ministério da Saúde/GM nº 3532/98 e Recomendação Normativa 004-1995 da SBCC – Classificação de Filtros de Ar para Utilização

em Ambiente Climatizados. Complementa esta análise a localização do EAS no meio urbano, quando proíbe a localização do hospital em zonas próximas a depósitos de lixo, indústrias ruidosas e/ou poluentes e impõe a construção de barreiras físicas ou estruturas que devem ser associadas a condutas técnicas visando minimizar a entrada de microrganismos externos.

#### 3.5.5.1 Renovação do Ar e Instalação de Climatização

As tomadas de ar para alimentação dos sistemas de climatização não podem estar próximas dos dutos de exaustão de cozinhas, sanitários, laboratórios, lavanderia, centrais de gás combustível, grupos geradores, vácuo, estacionamento interno e edificação, bem como outros locais onde haja emanção de agentes infecciosos ou gases nocivos, estabelecendo-se a distância mínima de 8 m destes locais. Para o sistema de condicionamento artificial de ar que necessita de insuflamento e exaustão de ar do tipo forçado, deve atender aos requisitos quanto à localização de dutos em relação aos ventiladores, pontos de exaustão do ar e tomadas do mesmo. Todo retorno de ar deve ser feito através de dutos, sendo vedado o retorno através de sistema aberto para evitar que microrganismos e material inorgânico acesse o interior do EAS.

No atendimento dos recintos citados acima devem ser tomados os devidos cuidados, principalmente por envolver trabalhos e tratamentos destinados à análise e erradicação de doenças infecciosas, devendo portanto ser observados os sistemas de filtragens, trocas de ar, etc. Toda a compartimentação do EAS estabelecida pelo estudo arquitetônico, visando atender à segurança do EAS e, principalmente, evitar contatos de pacientes com doenças infecciosas, deve ser respeitada quando da setorização do sistema de ar condicionado. (ANVISA, RDC-50, pg. 127, 2002).

Para concluir, a RDC-50 direciona o profissional para a ABNT/NBR-6401 na observância dos parâmetros básicos de projeto para os setores com condicionamento para fins de conforto como salas administrativas, quartos de internação, dentre outros e para a ABNT/NBR-7256 para os setores destinados à assepsia e conforto como as salas de cirurgia, UTI, berçário, nutrição parenteral, dentre outros ambientes.

### 3.6 CLIMATIZAÇÃO

Ao entrar no âmbito dos processos de projeto e instalação de sistemas de climatização, este trabalho fez uso das normas técnicas da ABNT, iniciando-se pela *ABNT/NBR-7256* que

versa sobre o tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução das instalações. Sua análise neste momento se faz pertinente pois complementa o texto da RDC-50 (ANVISA).

A norma informa inicialmente que o tratamento do ar, no entanto, embora sendo um fator importante de infecções, deve ser considerado apenas um complemento às demais medidas de infecção hospitalar, estas no âmbito da rotina operacional do EAS. Dispõe que as instalações de tratamento de ar podem se tornar causa e fonte de contaminação se não forem corretamente projetadas, construídas e monitoradas, ou ainda, se não receberem os cuidados necessários de limpeza e manutenção. Sobre risco de infecção, afirma que certos agentes infecciosos podem permanecer indefinidamente em suspensão no ar e classifica estes riscos em quatro níveis diferentes.

Esta classificação é importante pois pode direcionar o arquiteto e engenheiro nos projetos arquitetônicos através de uma boa setorização dos ambientes e como deve ser projetado o sistema de climatização.

A nova edição desta norma compatibiliza as definições dos ambientes com os conceitos adotados pela RDC-50 (ANVISA) e racionaliza a instalação dos sistemas de climatização, ao adotar parâmetros diferenciados para os diversos ambientes de um EAS, em função da classificação dos níveis de risco de ocorrência de eventos adversos à saúde por exposição ao ar atmosférico ambiental. O que esta norma estabelece como parâmetros são as definições de como o ar deve ser renovado e movimentado. Estipula que a renovação do ar deve acontecer e é importante que seja considerada em projeto, pois afirma que esta reduz a concentração de poluentes transportados pelo ar, principalmente os que não são retidos pelos filtros de partículas, como odores e gases. A vazão mínima de ar total é estipulada de forma a garantir movimentação adequada do ar ambiente e acelerar o transporte até os filtros, dos poluentes gerados internamente e ser suficiente para manter o equilíbrio térmico do ambiente podendo ser complementada pelo ar recirculado.

Este ar recirculado deve ser filtrado junto com o ar exterior através dos filtros estipulados pela mesma norma, podendo este ar ser proveniente apenas dos próprios ambientes que apresentam o mesmo fator de nível de risco.

As entradas e saídas de ar devem promover a movimentação do ar ambiente sempre no sentido da área menos contaminada para a área mais contaminada. Esta determinação pode orientar os profissionais no momento de decisão da locação das aberturas de janelas nos pavimentos técnicos.

Todo ar recirculado deve ser captado por grelhas situadas na periferia do estabelecimento, ou próximas ao piso, ou ao teto, separadas das grelhas de exaustão. Todo o sistema de tratamento do ar deve ser isolado acusticamente dos demais setores do EAS, a fim de evitar a transmissão de ruídos por vibrações ou demais formas de propagação do som em uma edificação.

Com relação aos filtros, a norma é bem específica e classifica os tipos de filtros de acordo com os níveis de eficiência. Obriga o uso de filtros cuja eficiência seja certificada pelo fabricante de acordo com critérios estabelecidos pela NBR e estabelece estágios de filtração sendo:

- Primeiro: Instalado na entrada do condicionador para pré-filtrar todo o ar a ser tratado, exterior e recirculado;
- Segundo: Instalado no lado pressurizado do duto a jusante de umidificadores;
- Terceiro: Instalado no lado pressurizado do duto, o mais próximo possível do ambiente tratado.

Um dado importante que a NBR traz em seu texto é que os estágios de filtração Segundo e Terceiro, devem ser monitorados individualmente por manômetros para que seja medida a perda de carga do ar que passa pelo filtro, devendo este equipamento ser instalado permanentemente.

Os filtros devem ser instalados de forma segura e todas as garantias de manutenção das condições operacionais, devem ser respeitadas, principalmente no que diz respeito à fixação dos mesmos em molduras e afins, para que sua performance não seja prejudicada. A umidade relativa próxima dos filtros não deve passar dos 90% ou de acordo com o estipulado pelo fabricante, ou seja, a localização dos filtros em um pavimento técnico deve garantir que os mesmos não sejam afetados por níveis de umidade que permitam a proliferação de fungos e bactérias no próprio sistema de filtragem. Os tipos de filtro e suas classificações seguem na Tabela 2.

Esta classificação pode ser complementada pela *ABNT/NBR-6401* que trata das instalações centrais de ar condicionado para conforto – parâmetros básicos de projeto. Apesar desta não ser específica para EAS, pode-se usar a Tabela 3 para que se entenda melhor como os filtros podem ser usados.

**Tabela 2:** Classe dos filtros segundo a ABNT/NBR-7256

Classe dos 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 (HEPA)	$99,97 \leq E_{dop}$
NOTAS		
<p>1 Filtros grosso e finos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Classificados de acordo com a EM 779:2002;</li> <li>- EG – Eficiência gravimétrica para pó sintético padrão Ashrae 52,1 Arrestance;</li> <li>- Ef – Eficiência para partículas de 0,4 µm</li> </ul>		
<p>2 Filtros absolutos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Edop – Eficiência para partículas 0,3 µm, de acordo com a norma U.S. Military Standard 282 (teste DOP)</li> </ul>		

Fonte: ABNT/NBR-7256

Os gabinetes dos condicionadores de ar devem ser elaborados com paredes lisas e de fácil limpeza e desinfecção. Os aparelhos que servem locais com nível de risco 2 e 3 devem ter painéis de dupla parede com isolamento térmico e hermeticamente encerrado protegido de corrosão.

Todos os filtros, principalmente o HEPA - *High Efficiency Particulate Arrestance*, devem passar por ensaios para comprovar a integridade e a correta instalação dos mesmos, para detectar pequenos furos e demais falhas do meio filtrante e nos elementos de vedação, vazamentos nos quadros de fixação e etc. É importante salientar que esta NBR, assim como na Portaria do Ministério da Saúde GM/MS nº3523 de 1998, obriga a elaboração pela instaladora dos sistemas de climatização, de um manual de instruções de operação e manutenção dos equipamentos, o PMOC, tornando este documento importante no processo de uso de todo o sistema climatizado em um EAS.

**Tabela 3:** Classe dos filtros de acordo com a *ABNT/NBR-6401*

Classe de filtro	Eficiência Obs. 3,4,5 (%)	Características	Aplicações principais
G0	30-59	Boa eficiência contra insetos e relativa contra a poeira grossa. Eficiência reduzida contra pólen de plantas e quase nula contra a poeira atmosférica	Condicionadores tipo janelas
G1	60-54	Boa eficiência contra poeira grossa e relativa contra o pólen das plantas. Eficiência reduzida contra poeira atmosférica	Condicionadores tipo compacto ( <i>self contained</i> )
G2	75-84	Alta eficiência contra a poeira grossa. Boa eficiência contra pólen de plantas e relativa contra fração grossa (75 $\mu$ ) de poeira atmosférica	Condicionadores de sistemas centrais
G3	85 e acima	Boa eficiência contra a fração grossa (> 5 $\mu$ ) da poeira atmosférica	Condicionadores de sistemas centrais pré-filtragem para filtros finos F2 e F3
F1	40-69	Eficiência satisfatória contra a fração fina da (1- 5 $\mu$ ) poeira atmosférica. Pouca eficiência contra fumaças de óleo e tabaco	Condicionadores de sistemas centrais para exigências altas, pré-filtragem para filtros finos F3
F2	70-89	Boa eficiência contra a fração fina da (1- 5 $\mu$ ) poeira atmosférica. Alguma eficiência contra fumaças de óleo e tabaco	Condicionadores de sistemas centrais para exigências altas. Pré-filtragem para filtros absolutos
F3	90 e acima	Alta eficiência contra a fração fina da (1- 5 $\mu$ ) poeira atmosférica. Alguma eficiência contra fumaças de óleo e tabaco. Razoavelmente eficiente contra bactérias e fungos microscópicos	Pré-filtros para filtros absolutos, precisa de pré-filtragem, por sua vez
A1	85-97,9	Boa eficiência contra a fração ultrafina (<1 $\mu$ ) da poeira atmosférica, fumaça de óleo e tabaco, bactérias e fungos microscópicos	Salas com controle de teor de poeira. Precisa pré-filtragem

Continua

**Tabela 3:** Classe dos filtros de acordo com a ABNT/NBR-6401 (Continuação)

Classe de filtro	Eficiência Obs. 3,4,5 (%)	Características	Aplicações principais
A2	98-99,96	Alta eficiência contra a fração ultrafina (<1 µ) da poeira atmosférica, fumaça de óleo e tabaco, bactérias e fungos microscópicos	Salas com controle de teor de poeira, zonas assépticas de hospitais (exigências altas). Precisa pré-filtração
A3	99,97 e acima	Eficiência excelente contra a fração ultrafina (<1 µ) da poeira atmosférica, fumaças de óleo e tabaco, bactérias, fungos microscópicos e vírus.	Salas limpas das classes 100, 1000, 10000 (Nota e). Salas e cabinas estéreis para operações cirúrgicas e ortopédicas (exigências particularmente altas). Todas as instalações que requerem teste de estanqueidade ( <i>leak test</i> ). Precisa pré-filtragem
A2	98-99,96	Alta eficiência contra a fração ultrafina (<1 µ) da poeira atmosférica, fumaça de óleo e tabaco, bactérias e fungos microscópicos	Salas com controle de teor de poeira, zonas assépticas de hospitais (exigências altas). Precisa pré-filtragem
A3	99,97 e acima	Eficiência excelente contra a fração ultrafina (<1 µ) da poeira atmosférica, fumaças de óleo e tabaco, bactérias, fungos microscópicos e vírus.	Salas limpas das classes 100, 1000, 10000 (Nota e). Salas e cabinas estéreis para operações cirúrgicas e ortopédicas (exigências particularmente altas). Todas as instalações que requerem teste de estanqueidade ( <i>leak test</i> ). Precisa pré-filtragem

Fonte: ABNT/NBR-6401

O conjunto de normas *ABNT/NBR-16401/2008*, apesar de não serem específicas para sistemas de climatização em EAS, ajudam na compreensão sobre como as instalações de ar condicionado e sistemas centrais e unitários especificam alguns detalhes importantes, subdividindo-se em três partes sendo *ABNT/NBR-16401-1* que trata dos projetos das instalações, a *ABNT/NBR-16401-2* traz parâmetros de conforto térmico, que para este trabalho, não será analisada, e a *ABNT/NBR-16401-3* que versa sobre a qualidade do ar interior.

A primeira norma do conjunto estabelece etapas para a concepção inicial das instalações de ar condicionado que devem prever uma análise conjunta entre os profissionais da construção civil para que os impactos das soluções envolvendo consumo de energia da edificação e

aspectos ambientais sejam mínimos, mas que propiciem a eficiência energética do sistema. Trata de forma cuidadosa as informações trazidas através de coletas de dados sobre condições locais como abastecimento de água, esgoto, gás combustível e energia elétrica, topografia, incidência solar, edificações na vizinhança, condições do meio externo, tipo de ocupação, etapas de implantação do empreendimento. Esta parte é fundamental pois reforça a ideia e normatiza o fato de que a implantação do EAS deve ser feita de forma cuidadosa, ou seja, esta NBR traz a importância do entorno, da vizinhança e de todos os aspectos que os caracterizam no sentido de abrigar um EAS de forma saudável.

Ela confirma as interfaces das instalações do empreendimento ou de um EAS, no sentido de identificar e consolidar cálculos, seleção de equipamentos de acordo com as atividades desenvolvidas e a lotação dos espaços a serem criados/executados, a localização dos equipamentos e suas dimensões, inclusive das casas de máquinas, porém, no que tange às especificações dos aparelhos, condições operacionais como temperatura de entrada e saída de ar e água, pressão, potência e voltagem de equipamentos elétricos e outros dados, não tratando de aspectos físicos dos ambientes que abrigarão as máquinas. Considera a orientação solar das fachadas e as características físicas como materiais, revestimentos, cor e etc., como fatores preponderantes no cálculo da carga térmica dos recintos, reforçando novamente a ideia de que a tipologia arquitetônica de um EAS interfere diretamente no desempenho dos sistemas de climatização, somando-se às fontes internas de calor e umidade relativa e ao número máximo esperado de pessoas em cada recinto.

Para os sistemas já instalados, a NBR recomenda manutenções dos sistemas de climatização, mas não se responsabiliza em ditar a periodicidade, deixando a cargo do fabricante.

A *ABNT/NBR-16401-3* especifica claramente que o sistema de ar condicionado controla a qualidade do ar interior por meio de renovação por ar exterior e pela filtragem de todo o ar insuflado. A renovação do ar, segundo esta norma, reduz a concentração no ambiente de poluentes que não são retidos nos filtros que por sua vez, tem a função de reduzir a concentração no ambiente dos poluentes trazidos do ar exterior e os gerados internamente. Traz em seu escopo uma tabela (Tabela 4) com uma classificação de filtros de partículas baseada na EN 779:2002 (norma europeia), que pode complementar a tabela de filtros apresentada pela *ABNT/NBR-6401*. É importante salientar a demanda desta norma para que as classes dos filtros, conforme abaixo, constem em uma placa de identificação nos condicionadores de ar.

**Tabela 4:** Tipos de filtros de acordo com a *ABNT/NBR-16401-3*

Tipo de filtros	Classe dos filtros	Eficiência gravimétrica média Eg%	Eficiência gravimétrica média para partículas de 0,4 µm Ef%
Grossos	G1	$50 \leq Eg < 65$	--
	G2	$65 \leq Eg < 80$	--
	G3	$80 \leq Eg < 90$	--
	G4	$90 \leq Eg$	--
Finos	F5	--	$40 \leq Ef < 60$
	F6	--	$60 \leq Ef < 80$
	F7	--	$80 \leq Ef < 90$
	F8	--	$90 \leq Ef < 95$
	F9	--	$95 \leq Ef$

Fonte: ABNT/NBR-16401-3

Outro dado importante desta norma é referente aos requisitos de projeto e execução relativos à qualidade do ar. A captação do ar exterior deve, obrigatoriamente, ser na parte externa da edificação, prevendo o seu posicionamento observando o sentido de ventos predominantes do local e a propagação inerente de cada poluente e distante de elementos urbanos conforme Tabela 5.

**Tabela 5:** Posicionamento das áreas de captação do ar externo, de acordo com a *ABNT/NBR-16401-3*

Item Arquitetônico	Distância
Entrada de garagens estacionamentos ou “drive-in”	5 m
Docas de cargas e descarga estacionamento de ônibus	7,5 m
Estradas, ruas com pouco movimento	1,5 m
Estradas, ruas com tráfego pesado	7,5 m
Telhados, lajes, jardins ou outra superfície horizontal	1,5 m
Depósitos de lixo e área de colocação de caçambas	5 m
Locais reservados a fumantes (fumódromos)	4 m
Torres de resfriamento	10 m

Fonte: ABNT/NBR-16401-3

Sobre as salas de máquinas de equipamentos de tratamento de ar, a NBR estipula que estas devem ser projetadas conforme Quadro 3.

Apesar deste conjunto de normas não ser específico para EAS, podem ser considerados para os projetos de hospitais, principalmente para os pavimentos técnicos/casa de máquinas dos sistemas de climatização, tendo em vista que, nas normas e leis que regem os projetos hospitalares, nada foi encontrado sobre o tema, cabendo a este trabalho, no cumprimento específico de objetivos metodológicos e baseando-se nestes requisitos apresentados acima, criar critérios de projetos e de reformas para estes ambientes específicos, com o foco para os EAS.

**Quadro 3:** Recomendações de projeto para salas de máquinas, segundo a ABNT/NBR-16401-3

Item Arquitetônico	Recomendação de projeto
Acesso	Os acessos devem prever corrimãos, guarda-corpos, proteção coletiva, respeito às NR 18 e NR8
Ar	Controle de vazão na tomada de ar exterior e no ar recirculado para garantir as vazões de projeto
Circulação	Espaço mínimo de 0,70 m livre de obstáculos, para garantir a manutenção dos equipamentos
Energia	Transformadores, <i>no-break</i> , banco de baterias ou equipamentos que possam criar descargas elétricas não devem ser instalados na casa de máquinas
Forro	Forro removível ou não, não deve possibilitar que materiais depositados na sua superfície possam ser transferidos para o interior
Iluminação	Iluminação mínima de 500 lux, de acordo com a ABNT/NBR 5413, do tipo fluorescente ou de descarga em função do risco de ocorrência de efeito estroboscópico
Piso	Piso impermeabilizado, ponto de água, drenos, tomadas elétricas de serviço. Caimento mínimo de 5 mm/m. Ralos sifonados com selo hídrico
Revestimento	Pisos e paredes devem ter acabamento não poroso, lavável, com cores claras

Fonte: ABNT/NBR-16401-3. Adaptado pelo Autor, 2019

### 3.6.1 Manutenção

A *ABNT/NBR-14679* de 2001, define como deve ser a execução de serviços de higienização nos sistemas de condicionamento de ar e de ventilação em ambientes de forma geral. Os requisitos gerais são muito claros sobre como a empresa executora dos serviços de manutenção deve trabalhar. Primeiramente é obrigatória a presença de um responsável técnico no momento da manutenção, devidamente registrado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA. A mão de obra deve ser qualificada e ter suas próprias ferramentas, fornecidas pela empresa. Estes funcionários devem ter sido treinados para executar todos os trabalhos.

Os produtos químicos utilizados na limpeza das máquinas devem ser registrados em órgãos competentes assim como a metodologia de utilização fornecida pelo fabricante do produto. De qualquer forma, não há nesta norma um protocolo de manutenção padrão, que deve ser seguido pelos funcionários. Cada empresa pode definir o seu protocolo próprio, o que pode

trazer divergências de execução de trabalho e até mesmo a ausência de um escopo definido.

A norma define que a empresa deve apresentar ao contratante uma proposta técnica detalhada dos serviços oferecidos contendo um relatório de inspeção prévia da instalação, quantificando e qualificando, comparativamente aos padrões referências da Resolução RE 176 da Vigilância Sanitária, a contaminação constatada em análise microbiológica; descrição dos serviços requeridos e a metodologia de execução, descrição dos equipamentos e produtos a serem utilizados e a metodologia de avaliação dos resultados.

O contratante, no caso, o EAS deve, de acordo com esta norma, exigir da empresa contratada o Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional – PCMSO, que prima pela garantia de um ambiente de trabalho seguro, regido pela *Norma Regulamentadora - NR 7*; Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA, regido pela *Norma Regulamentadora – NR 9*, que visa a “[...] *preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais [...]*”; Programa de Treinamento da Equipe de Higienização e as Anotações de Responsabilidade Técnica – ART, vinculadas ao CREA.

Para a execução dos trabalhos de manutenção das máquinas dos sistemas de climatização, a empresa deverá apresentar os relatórios de execução dos serviços prestados, relatório de avaliação microbiológica final emitido por laboratório devidamente credenciado e relatório dos danos no sistema observados durante a execução dos serviços. Sobre os procedimentos de higienização a norma especifica:

- É de responsabilidade da contratada selecionar os métodos de remoção dos poluentes que deixem o sistema limpo. A higienização deverá ser executada, preferencialmente, pelo processo de escovação mecânica, ou de sopro de ar comprimido seco, em todas as partes do sistema.
- Os equipamentos de higienização dos dutos devem estar limpos e descontaminados antes de iniciar os serviços.
- A higienização deverá ser executada sempre no sentido do fluxo de ar para evitar a recontaminação dos dutos limpos, no caso da utilização do sistema nos intervalos das etapas da higienização.
- A contratada deve limpar todos os acessórios da rede de dutos, removendo-os quando possível, incluindo deflectores, registros, grelhas, difusores, caixas VAV e outros.

- A contratada deve colocar mantas filtrantes provisórias nas bocas de ar para garantir que o material particulado residual nos dutos não seja disperso no ambiente, devendo estes filtros provisórios permanecerem instalados por sete dias após a conclusão dos serviços.
- Não deverá ser utilizado nenhum método que possa danificar o sistema ou afetar sua integridade. (ABNT/NBR-14679, pg. 4, 2001).

Os filtros removidos na manutenção devem ser descartados de forma apropriada e caso haja o uso de agentes sanitizantes, os produtos químicos não devem provocar danos ou corrosão potencial na rede de dutos e não devem interferir nas propriedades do revestimento externo usado nas redes de dutos.

A *Lei Nº 13.589 de 04 de janeiro de 2018*, que dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes reforça a obrigação e o dever para que todos os edifícios de uso público e coletivo que possuem ambientes de ar interior climatizado artificialmente devem dispor de um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) dos seus respectivos sistemas de climatização, com o objetivo de eliminar ou minimizar os riscos potenciais à saúde dos usuários da edificação. Claramente os EAS se enquadram nesta lei, que a partir de sua promulgação deu início no ano de 2018 à uma movimentação das empresas e equipamentos urbanos voltados à área da saúde, com sistemas de climatização com capacidade igual ou superior a 60.000 BTU, a obedecer os parâmetros de qualidade do ar em ambientes climatizados artificialmente, em especial no que diz respeito a poluentes de natureza física, química e biológica, suas tolerâncias e métodos de controle, assim como obedecer aos requisitos estabelecidos nos projetos de sua instalação.

A lei cita a Resolução Nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA, como referência de padrões, valores, parâmetros, normas e procedimentos necessários para a garantia da boa qualidade do ar interior, inclusive de temperatura, umidade, velocidade, taxa de renovação e grau de pureza do ar.

### 3.7 MICROBIOLOGIA

As infecções hospitalares podem estar diretamente relacionadas às fontes geradoras de partículas que são capazes de transportar microrganismos (AFONSO *et al.*, 2004). Estas fontes podem ser classificadas entre internas e externas, segundo Moscato (2000). As pessoas, sistemas de ar condicionado, ventiladores, umidificadores, plantas, pisos, dentre outros, caracterizam as fontes internas. As externas são representadas pelo solo, material orgânico,

água, poeira, etc.

O ar distribuído pelos sistemas de ar condicionado deve ser filtrado periodicamente para evitar o crescimento de colônias de bactérias, fungos, algas e vírus, que são potencialmente prejudiciais para a saúde dos pacientes em um EAS. Os filtros usados devem seguir os critérios da vasta legislação pertinente a este tema quanto à especificação de tipos de filtro e sua respectiva manutenção preventiva, assim como os dutos.

Segundo a ANVISA (Resolução nº176), a higienização dos filtros e dutos dos sistemas de ar condicionado em um EAS, deve acontecer preventivamente de forma mensal e quinzenalmente para os componentes hídricos usados na umidificação do ar, afim de evitar o crescimento de colônias de bactérias (ETCHEBEHERE *et al.*, 2005). Eickhoff (1994) indica que os sistemas de ar condicionado contaminados por partículas geradas por hospedeiros animados que colonizam os filtros e dutos, como por exemplo bactérias e fungos, que são capazes de sobreviver em ambientes secos por longo período de tempo, podem afetar os pacientes imunocomprometidos de um hospital, piorando o quadro clínico destas pessoas, causando as infecções hospitalares (ou nosocomiais).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, (2002), as infecções nosocomiais variam de acordo com a tipologia do edifício, população de pacientes, tipos de atendimento hospitalar e localização geográfica no meio urbano e no globo terrestre. Os principais agentes patogênicos encontrados em ambientes hospitalares, em geral, são as bactérias comensais e as patogênicas. As primeiras podem ser encontradas em um corpo humano saudável e são responsáveis pela proteção e prevenção contra a colonização de microrganismos patogênicos, porém, podem causar infecções caso o hospedeiro natural estiver com sua saúde debilitada (OMS, 2002).

As bactérias patogênicas são causadoras de infecções independente do estado de saúde do paciente e se dividem em Bactérias Anaeróbicas Gram Positivas como por exemplo, *Clostridium*, que causa gangrena; Bactérias Gram Positivas, como por exemplo a *Staphylococcus aureus* (bactéria que coloniza a pele e o nariz da população de um hospital e pode causar infecções no fluxo sanguíneo, pulmão, ossos e coração e são resistentes à antibióticos); Bactérias Gram Negativas, como a *Escherichia coli*, *Proteus*, *Klebsiella* e a *Enterobacter*, que são resistentes e podem causar infecções através da colonização de ferramentas como cateteres, cânulas, atingindo os pulmões dos pacientes; Organismos Gram Negativos como a *Pseudomonas spp*, que se isolam em ambientes aquosos e podem colonizar o trato intestinal dos pacientes hospitalares, e por fim, bactérias que colonizam os componentes dos sistemas de ar condicionado, como os filtros e dutos, como por exemplo, as espécies de

*Legionella*, que causam pneumonia (OMS, 2002). Existe também a possibilidade de transmissão nosocomial e contaminação de pacientes por vírus, mas não estão relacionados, segundo a OMS (2002), com os sistemas de ar condicionado. Finalizando a lista de microrganismos que a OMS (2002) relata como possíveis de serem encontrados em ambientes hospitalares, estão os parasitas e fungos, que são transmitidos facilmente entre adultos e crianças. Segundo a OMS (2002), os fungos são organismos oportunistas que podem causar infecções mesmo durante longos tratamentos com antibióticos. Os principais fungos encontrados em ambientes hospitalares são a *Candida albicans*, *Aspergillus spp.*, *Cryptococcus neoformans* e *Cryptosporidium*.

Alguns autores, de forma específica, relatam a presença de determinados microrganismos que são prevalentes em ambientes internos climatizados e são propagados pelos sistemas de ar condicionado, com destaque, segundo Siqueira *et al.* (1999) e Etchebehere *et al.*, (2005), para as bactérias *Legionella pneumophila*, *Bacillus sp.*, *Flavobacterium sp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Neisseria meningitidis*, *Streptococcus pneumoniae* e *Actinomyces sp.* Para os fungos, *Paracoccidioides sp.*, *Penicillium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Fusarium sp.* e *Aspergillus sp.*. Já Eickhoff (1994), cita a *Legionella sp.*, *Clostridium sp.*, e *Nocardia sp.*

No Quadro 4, são listados os principais microrganismos encontrados na literatura específica, sendo possível verificar a variedade de agentes patogênicos que colonizam e se proliferam nos sistemas de ar condicionado e que podem ser responsáveis por infecções hospitalares.

**Quadro 4:** Principais microrganismos encontrados em EAS

<b>Bactérias</b>	<b>Fungos</b>	<b>Vírus</b>
<i>Actinomyces sp</i>	Actinomyces sp	Vírus da Influenza
Bacillus sp	Aspergillus sp	Vírus Norwalk
Flavobacterium sp	<i>Cladosporium sp</i>	Vírus Sincial
<i>Legionella pneumophila</i>	Fusarium sp	
<i>Micrococcus spp</i>	Paracoccidioides sp	
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Penicillium sp	
<i>Neisseria meningitidis</i>		
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
Staphylococcus aureus		
<i>Staphylococcus spp</i>		
<i>Streptococcus pneumoniae</i>		

Fonte: OMS (2002). Adaptado pelo Autor, 2019

A variedade de microrganismos patogênicos como os bactérias, fungos e vírus é extensa e conforme a literatura específica aponta, habitam ambientes fechados/internos resfriados ou

aquecidos através de sistemas de ar condicionado. As trocas de ar destes ambientes internos deve ser de tal maneira a renovar o ar a fim de minimizar a proliferação destes microrganismos na atmosfera interna dos EAS, em quantidades que atendam a legislação específica brasileira. Conjuntamente com um número de trocas de ar adequado, a manutenção e limpeza dos equipamentos que formam o sistema de ar condicionado de EAS deve ser realizada de forma responsável e cuidadosa, pois a incorreta higienização dos filtros e dutos pode propiciar o desenvolvimento de bioaerossóis, que por consequência, podem contaminar os pacientes com doenças respiratórias, infecciosas ou alérgicas (CARTAXO *et al.*, 2007).

O pavimento técnico, onde estão localizados os equipamentos/maquinário dos sistemas de ar condicionado, deve passar por uma manutenção de limpeza/higienização meticulosa, devido ao fato de que alguns microrganismos podem se multiplicar no microambiente com uma arquitetura inadequada para o uso do local, ou seja, com pisos porosos, paredes sem revestimentos, ventilação natural para captação de ar externo com dimensões insuficientes e sistema de filtros inadequados, que não cumprem com o que é especificado na legislação.

### 3.8 SISTEMAS DE FILTRAÇÃO

Os sistemas de filtração devem ser capazes de criar uma barreira eficiente contra a passagem de material particulado e/ou microrganismos nos sistemas de climatização, principalmente nos ambientes internos hospitalares. As normas reguladoras dos filtros de sistemas de climatização no Brasil os classificam de acordo com sua porosidade, relacionando-os aos diferentes tamanhos de substâncias que podem causar falhas no processo de filtragem e no sistema de climatização, problemas nos equipamentos quanto a eficiência energética, falsos resultados de análises de qualidade do ar interno climatizado e o mais preocupante, a dispersão de microrganismos nos ambientes internos hospitalares. Estas substâncias podem ser formadas por partículas sólidas, líquidas ou gasosas, moléculas, íons, dentre outras, com dimensões variáveis (SENATORE, 2018).

#### 3.8.1 Fontes de Contaminação

Os organismos aéreos como os vírus, bactérias, esporos e pólen são transportados por partículas e se agrupam em colônias nos dutos e filtros de ar condicionado e podem ser a causa de infecções hospitalares. Os vírus possuem tamanhos que variam entre 0,005  $\mu\text{m}$  e 0,1  $\mu\text{m}$ , as bactérias entre 0,4  $\mu\text{m}$  e 12  $\mu\text{m}$ , esporos entre 10  $\mu\text{m}$  e 30  $\mu\text{m}$  e o pólen entre 10  $\mu\text{m}$  e 100  $\mu\text{m}$ .

Estes microrganismos podem ser transportados por partículas de poeira presentes na atmosfera com alta concentração nas zonas urbanas industriais e quanto maior a altitude na atmosfera, maior o tamanho da partícula (ENTRAC, informação verbal, 2018<sup>11</sup>).

As fontes de contaminação dos filtros podem ser externas e apresentam-se no estado sólido, em condição de partículas de poeira com origem na trituração e dispersão de materiais pulverizados, ou em condição de fumaça, com origem na combustão incompleta de substâncias orgânicas. Podem estar no estado líquido como o orvalho, névoa e vapores, tendo origem na atomização de material líquido sob pressão e temperatura, na condensação de vapores ou substâncias sólidas ou líquidas em fase gasosa (SENATORE, 2018). As fontes internas propagam-se através das pessoas, processos de fabricação, equipamentos, ferramentas, material de construção/reforma, peças de mobiliário, dentre outros. No caso dos EAS, o ar recirculado pode contaminar todo o sistema de climatização e conseqüentemente os ambientes internos como as salas de cirurgia, das unidades intensivas de tratamento, salas de recuperação, dentre outras, e potencializar as infecções hospitalares.

### 3.8.2 Mecanismos de Filtração

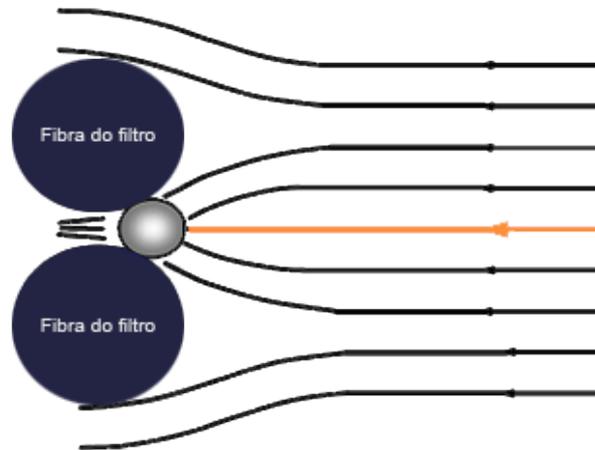
Os sistemas de filtração devem ser capazes de barrar as impurezas, partículas e microrganismos com o objetivo de evitar ou minimizar a proliferação e/ou contaminação de ambientes internos, principalmente dos EAS. Existem no mercado, de acordo com Depetris (2017), diferentes mecanismos que possuem métodos variados de retenção de partículas de acordo com seus diferentes tamanhos, como o *straining* (ou peneira), inercial, intercepção, difusão e deposição.

De acordo com dados obtidos através de catálogos de meios filtrantes dos fabricantes 3M, Trox e Camfil, para sistemas de climatização, os filtros com mecanismo *Straining* ou *Peneira* caracterizam-se por fibras, malhas de tela e/ou metal corrugado com aberturas com diâmetros menores do que os das partículas capturando-as e barrando sua passagem (Figura 7).

---

<sup>11</sup> Palestra “Filtração de Ar e Normas Pertinentes”, proferida por Flavio Augusto Valle do Nascimento, representando a empresa TROX, no ENTRAC - Encontro Tecnológico de Refrigeração e Ar Condicionado, no dia 15 de agosto de 2018, em Ribeirão Preto – SP.

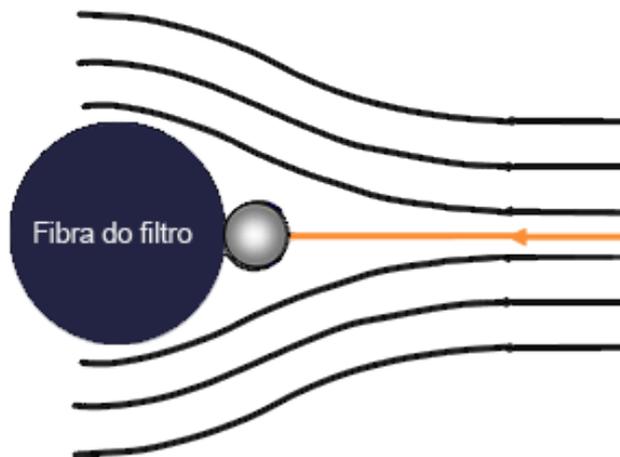
**Figura 7:** Mecanismo *Straining* ou Peneira



Fonte: Camfil – Adaptado pelo Autor, 2019

Os filtros com mecanismo *Inercial* filtram partículas maiores e com maior massa que rotacionam no ar com menos frequência devido à sua inércia e, desta forma, se movimentam em um fluxo contínuo linear independente do fluxo de ar ser variável, aderindo às fibras dos filtros onde são retidas (Figura 8).

**Figura 8:** Mecanismo Inercial

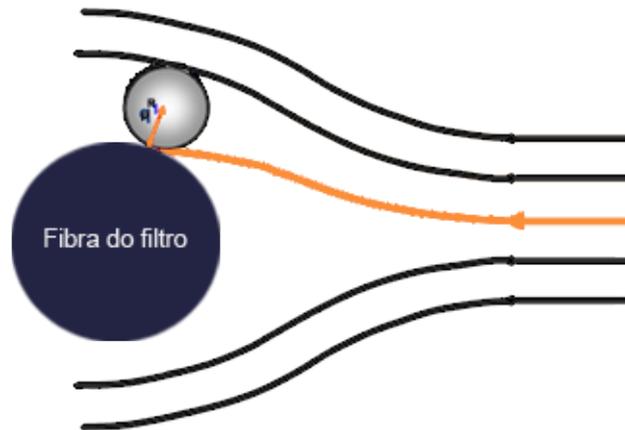


Fonte: Camfil – Adaptado pelo Autor, 2019

Os filtros com mecanismo de *Interceptação Direta* podem ser comparados com os que utilizam o mecanismo *Inercial*, pois a partícula interceptada tem dimensões menores e não apresenta uma inércia capaz de conduzi-la no ar de forma linear contínua. Desta forma, as partículas acompanham o fluxo de ar e entram em contato com as fibras dos filtros onde ficam

retidas. A diferença está no fato de que a partícula deve estar distante de uma fibra o equivalente ao seu próprio raio para aderência (Figura 9).

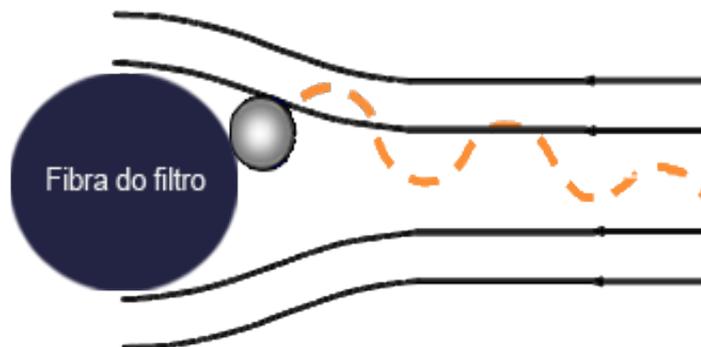
**Figura 9:** Mecanismo de Intercepção Direta



Fonte: Camfil – Adaptado pelo Autor, 2019

Os filtros com mecanismo de *Difusão* se apropriam da colisão entre as partículas e as moléculas de ar, deslocando-se de forma difusa ou em movimento *Browniano*. Esta movimentação aleatória cria maiores possibilidades das partículas entrarem em contato com as fibras dos filtros (Figura 10).

**Figura 10:** Mecanismo de Difusão



Fonte: Camfil – Adaptado pelo Autor, 2019

Os filtros com mecanismo *Eletrostático* utilizam meios filtrantes de fibras grossas e dependem de trocas eletrostáticas para que a sua eficiência na remoção e/ou barragem de fibras

seja mais eficiente, porém, conforme sua utilização, as partículas impregnadas nas fibras dos filtros neutralizam sua carga eletrostática, sendo necessária a troca do meio filtrante. De acordo com os catálogos (das três empresas já citadas) de meios filtrantes eletrostáticos, sua composição de fibras polarizadas pode perder a eficiência de coleta ao longo de seu uso caso sejam expostos à produtos químicos, alta umidade ou aerossóis, fazendo com que haja a queda de pressão no duto, interferindo no fluxo de ar.

Os filtros mecânicos, à medida em que são repletos de partículas ao logo do seu uso, apresentam um aumento da eficiência de coleta de partículas e queda de pressão, fato que aumenta a superfície de vedação nos filtros, que inibe o fluxo de ar. Este é um indicador da necessidade de troca do filtro e destaca-se, portanto, a importância de monitoramento da pressão nos dutos dos sistemas de climatização de ar.

De acordo com a norma norte americana *ANSI/ASHRAE 52.2/1999*, “[...]alguns filtros de ar de meios fibrosos têm cargas eletrostáticas que podem ser naturais ou impostas ao material durante a fabricação. Esses filtros podem demonstrar alta eficiência quando limpos e uma queda na eficiência durante seu ciclo de uso real. A etapa inicial de condicionamento da carga de poeira do procedimento descrito nesta norma pode afetar a eficiência do filtro, mas não tanto quanto seria observado no serviço atual, portanto, a eficiência mínima durante o teste pode ser maior do que a alcançada durante o uso real[...]”, ou seja, há um reconhecimento por parte dos técnicos e especialistas em filtros de ar de que os fatores tempo e pressão agem diretamente na eficiência dos filtros que dependem de cargas eletrostáticas passivas.

Os filtros de fibra fina operam sob um princípio de remoção mecânica e as fibras não perdem a eficiência ao longo do tempo. Os de fibra grossa tem produção menos onerosa e tem processos de produção mais simples e seu efeito de captura de partículas requer uma carga transmitida na fibra durante o processo de fabricação (como os eletrostáticos).

### 3.8.3 Eficiência Energética

A demanda pela maior qualidade do ar de interiores, por uma eficiência energética e maior vida útil dos meios filtrantes, impulsionaram uma evolução tecnológica dos filtros de sistemas de climatização, aliada às novas exigências mais restritivas das normas reguladoras europeias e norte americanas (SENATORE, 2018). A revisão da norma europeia EN 779/2012 passou a estabelecer, segundo Senatore (2018), critérios mínimos de eficiência de filtração para filtros finos, o que gerou uma maior movimentação no mercado de filtros reclassificando-os

conforme sua eficiência energética. A NBR 16.101 de 2012, baseando-se na EN 779/2012 apresenta um método de cálculo para a classificação do filtro através do seu consumo energético, permitindo a proposta de um selo de classificação energética para os filtros.

De acordo com Senatore (2018) os países da Europa, que buscam um uso mais racional da energia elétrica, prepararam uma atualização de suas normas técnicas deixando-as mais restritivas, distanciando-se das normas brasileiras, estabelecendo uma norma internacional técnica publicada em 2016, a ISO 16.890, que apresenta um novo critério de classificação de filtros relacionando-os diretamente com a sua eficiência de retenção de material particulado (MP), de acordo com dados publicados sobre MP pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 2018).

A OMS (2018) entende o MP como um dos elementos orgânicos e/ou inorgânicos indicadores de poluição atmosférica. A OMS (2018) considera que os principais componentes de MP são os nitratos, sulfato, cloreto de sódio, amônia, carbono negro, pó mineral e água e os classifica através da dimensão diametral dividindo-se em 3 tipos principais, a PM1, PM2,5 e PM10. A primeira fração caracteriza-se por partículas que devido às suas dimensões conseguem acessar as membranas celulares dos alvéolos pulmonares até a corrente sanguínea, podendo prejudicar a regulação do sistema nervoso.

A fração PM2,5 são partículas que na sua maioria tem diâmetro igual ou menor que 2,5 micrômetros e são similares às partículas PM1 em relação ao nível de acesso ao corpo humano e por isso, podem contribuir para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e respiratórias até mesmo câncer de pulmão nos casos mais sérios. Pode-se entender claramente na Figura 11, os níveis de acesso das três categorias de partículas no corpo humano.

De acordo com a AAF International<sup>12</sup> – American Air Filter Company, empresa manufatora para soluções para filtração de ar, a ISO 16.890, tendo em vista as informações sobre MP fornecidas pela classificação da OMS, classifica os filtros conforme as três categorias PM1, PM2,5 e PM10, sendo:

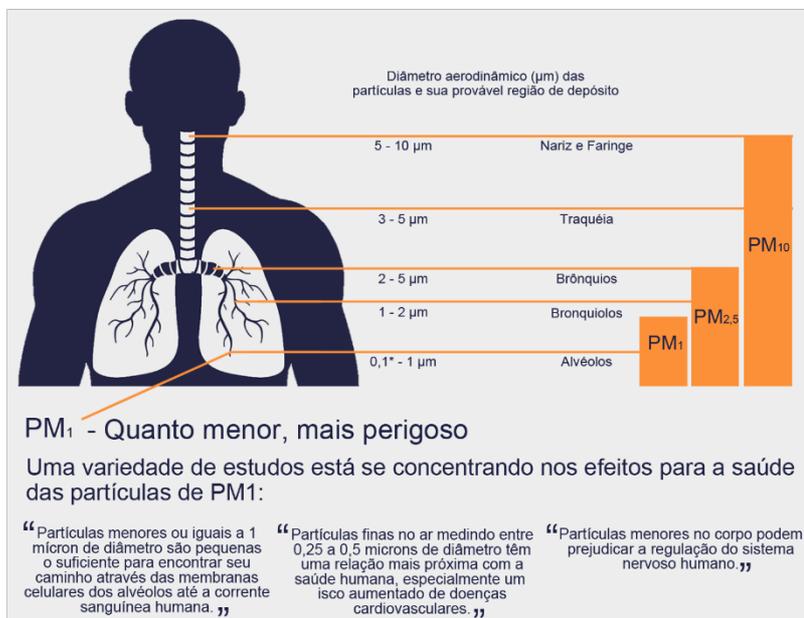
- *ISO Coarse*: filtros grossos que capturam partículas PM10 com eficiência inferior a 50%;
- *ISO ePM<sub>10</sub>*: filtros que capturam uma fração do MP na faixa entre 0,3 e 10 micrômetros;
- *ISO ePM<sub>2,5</sub>*: filtros que capturam uma fração do MP na faixa entre 0,3 e 2.5 micrômetros;

---

<sup>12</sup> Disponível em <https://www.aafintl.com/en-gb/commercial/solutions-offered/iso-16890>. Acesso em 17/02/2019.

- *ISO ePM<sub>1</sub>*: filtros que capturam uma fração do MP na faixa entre 0,3 e 1,0 micrômetro.

**Figura 11:** Material particulado e os níveis de acesso ao corpo humano



Fonte: <https://www.aafintl.com/en-gb/commercial/solutions-offered/iso-16890>

Adaptado pelo Autor, 2019

A diferença entre a ISO 16890, as normas europeias e a brasileira é que a classificação se dá por meio dos resultados de análises laboratoriais de fabricantes de filtros relacionados à sua eficiência de retenção de partícula (diretamente relacionado ao tamanho da partícula retida) e a energética, traduzida em valores percentuais, conforme Tabela 6.

**Tabela 6:** Comparação entre a norma ASHRAE 52.2:2012, EM 779:2012 e os níveis de eficiência de filtração da ISO 16.890:2016

ASHRAE 52.2	EN779	ISO ePM <sub>1</sub>	ISO ePM <sub>2.5</sub>	ISO ePM <sub>10</sub>	ISO Course
MERV 5	G3	-	-	-	>80%
MERV 6-7	G4	-	-	-	>90%
MERV 8-9	M5	-	-	>50%	-
MERV 10-12	M6	-	50-65%	>60%	-
MERV 13	F7	50-65%	65-80%	>85%	-
MERV 14	F8	65-80%	>80%	>90%	-
MERV 15	F9	>80%	>95%	>95%	-

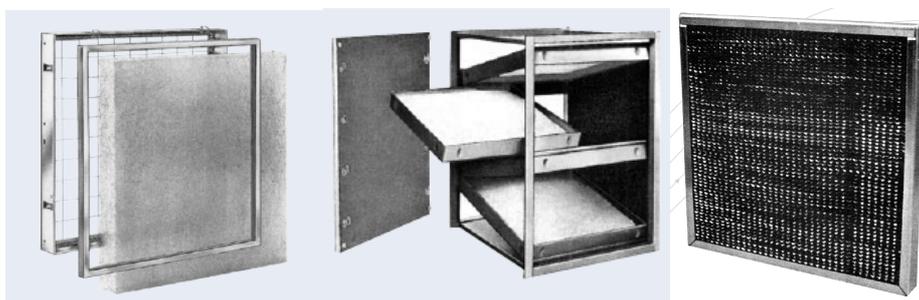
Fonte: <https://www.airepure.com.au/australian-commercial-building-filtration-standards/>

Adaptado pelo Autor, 2019

### 3.9 TIPOS DE FILTROS

Os filtros podem ser classificados no Brasil, agrupando-se em nomenclaturas como grossos, médios e finos. De acordo com os catálogos analisados de 03 fabricantes de meios filtrantes (3M, Trox e Camfil), os filtros grossos se adaptam facilmente às diferentes exigências de instalação de sistemas de climatização, podendo ser de telas galvanizadas, fibra de vidro descartável, fibra sintética descartável ou fibra sintética antimicrobiana. Podem ser também metálicos com elemento filtrante em alumínio, que permite velocidades mais elevadas no fluxo de ar dos dutos e tem alto poder de retenção de poeira, sendo ideal para filtração primária, podendo ser reutilizado/recuperado. Sua manutenção deve ser realizada através de limpeza com água quente e detergente e enxague com água fria e limpa e devem ser impregnados com óleo específico indicado por cada fabricante, com descanso de 12 horas antes de ser reinstalado no sistema de climatização.

**Figura 12:** Filtros grossos



Fonte: TROX

Os filtros médios finos se caracterizam por ter uma ótima relação entre as dimensões do filtro, vazão nominal, diferença de pressão, capacidade de acumulação de material particulado e durabilidade e podem ser executados plissados ou em forma de bolsa. Os plissados podem ser de microfibras de vidro, montados em molduras ou estruturas metálicas ou plásticas, representados pelas classificações M6, F7 e F9, de acordo com a NBR 16.101 e devem ter eficiência de retenção entre 65% a 95%, de acordo com a norma ASHRAE 52.1.

Os filtros bolsa são indicados para filtração de material particulado fino em suspensão e aerossóis, fabricados com profundidades de bolsas variadas de acordo com a necessidade da função e eficiência de retenção da superfície filtrante, podendo ser de fibra sintética descartável ou em microfibras de vidro descartável, com eficiências de retenção diferenciadas, conforme Tabelas 8 e 9.

**Tabela 7:** Características técnicas de filtros de fibra sintética

Filtros em fibra sintética						
Características técnicas		F74BSB65	F74BSB85	F74BSB95	F74BSAF7	F74BSAF8
Classificação EN779 NBR 16.101		M6	F7	F8	F7	F8
Classificação EUROVENT		EU6	EU7	EU8	EU7	EU8
Classificação ASHRAE 52.2		MERV11	MERV13	MERV14	MERV13	MERV14
Classificação ASHRAE 52.1	Grav (%)	98	98	98	98	98
	Color (%)	65	85	90	85	90
Profundidade das bolsas máximas (mm)		600	600	600	380	600
Pressão diferencial inicial $\Delta p$ (Pa) -3.400m <sup>3</sup> /h (módulo 592x592) -1.700m <sup>3</sup> /h (módulo 287x592)		100	112	150	90	100
Pressão diferencial inicial $\Delta p$ (Pa) -4.300m <sup>3</sup> /h (módulo 592x592) -2.150m <sup>3</sup> /h (módulo 287x592)		126	143	190	120	130
Pressão diferencial final $\Delta p$ (Pa)		250 até 380				
Apresentação		Filtro bolsas				
Material		Fibra sintética antimicrobiana descartável		Fibra sintética descartável		
Resistência térmica		Até 60°C				

Fonte: EN779 (2012); ABNT NBR 16.101 (2012); EUROVENT 4/9; ASHRAE 52.1 (1992); ASHRAE 52.2 (2012)

**Tabela 8:** Características técnicas de filtros de fibra de vidro

Filtros em micro fibra de vidro				
Características técnicas		F74B31	F74B32	F74B33
Classificação EN779 NBR 16.101		M6	F7	F9
Classificação EUROVENT		EU6	EU7	EU9
Classificação ASHRAE 52.2		MERV11	MERV13	MERV15
Classificação ASHRAE 52.1	Grav (%)	98	98	98
	Color (%)	70	85	95

Continua

**Tabela 9:** Características técnicas de filtros de fibra de vidro (Continuação)

Filtros em micro fibra de vidro			
Profundidade das bolsas máximas (mm)	600	600	600
Pressão diferencial inicial $\Delta p$ (Pa) -3.400m <sup>3</sup> /h (módulo 592x592) -1.700m <sup>3</sup> /h (módulo 287x592)	50	85	140
Pressão diferencial inicial $\Delta p$ (Pa) -4.300m <sup>3</sup> /h (módulo 592x592) -2.150m <sup>3</sup> /h (módulo 287x592)	70	120	190
Pressão diferencial final $\Delta p$ (Pa)	200 até 250	250 até 350	
Apresentação	Filtro bolsas		
Material	Microfibra de vidro descartável		
Resistência térmica	Até 90°C		

Fonte: EN779 (2012); ABNT NBR 16.101 (2012); EUROVENT 4/9; ASHRAE 52.1 (1992); ASHRAE 52.2 (2012)

Os filtros absolutos, conhecidos como HEPA (*High Efficiency Particulate Arrestance*) e ULPA (*Ultra Low Particulate Air*) são meios filtrantes em papel de microfibras de vidro plissados ou com separadores em alumínio, indicados para salas onde a qualidade do ar deve ser alta, como em centros cirúrgicos em EAS. Podem ainda ser antimicrobianos, com meios filtrantes projetados para ter uma durabilidade alta, resistentes à umidade, ácidos e solventes orgânicos e inibem o crescimento de bactérias, fungos e algas, de acordo com seu nível de eficiência de retenção (DEPETRIS, 2017 e ENGENHARIA E ARQUITETURA, 2018).

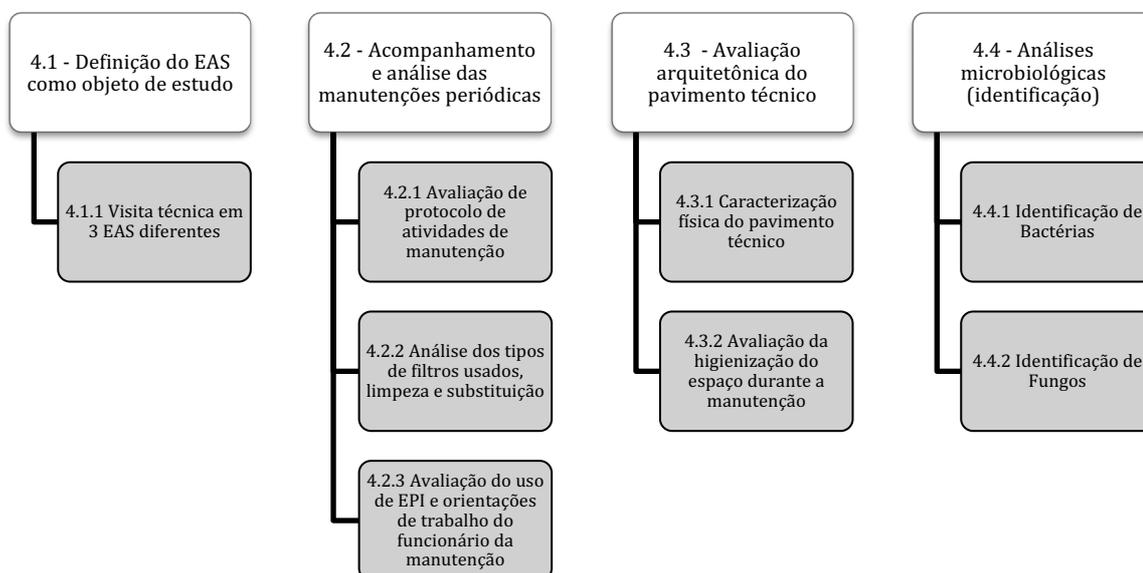
Esta análise normativa sobre os tipos de filtros que devem ser utilizados em um sistema de ar condicionado central deixa clara a importância dos mesmos e a relevância no cumprimento da lei no que diz respeito ao uso de um sistema de filtração em centros cirúrgicos. O mercado de filtros claramente busca o desenvolvimento de tecnologias cada vez mais eficientes no processo de barragem de matéria orgânica ou inorgânica nas fibras dos filtros, impulsionando o avanço em pesquisas e técnicas diferenciadas que atualizam inclusive as leis e normas internacionais.

Cabe aos EAS o cumprimento da legislação e o uso efetivo de filtros indicados nas normas nacionais e internacionais para a garantia de um sistema de refrigeração sustentável e salubre.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Todas as etapas desenvolvidas neste trabalho estão descritas na Figura 13 e detalhadas de forma textual explicando-se claramente como os objetivos específicos deste trabalho foram desenvolvidos. Para ajudar no entendimento do cumprimento dos objetivos específicos, seus títulos se conformam nas subseções deste subitem.

**Figura 13:** Etapas metodológicas para o desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Autor, 2019

### 4.1 DEFINIÇÃO DO EAS COMO OBJETO DE ESTUDO

#### 4.1.1 Visitas técnicas em 3 EAS diferentes

Foram realizadas visitas técnicas em três EAS em uma cidade do interior do Estado de São Paulo, sendo uma unidade básica de saúde e dois hospitais de porte médio que fornecem serviços similares à população. Estas visitas contribuíram para a visualização e compreensão da relação entre serviços prestados, arquitetura e sistema de ventilação/refrigeração e na observância do cumprimento das leis vigentes.

Uma lista com critérios para a escolha de um EAS para o desenvolvimento do trabalho foi elaborada, tomando por base o respeito à legislação vigente sobre projeto arquitetônico e refrigeração de ar central, sendo:

- a) Implantação do EAS: acesso à população, vegetação próxima ao edifício não prejudicial, distanciamento de fontes poluidoras. O primeiro passo nestas visitas foi a observação visual das características urbanas do entorno onde estes equipamentos urbanos estão inseridos, como proximidade à vias urbanas de transporte, níveis de serviço destas vias, gabarito das edificações vizinhas, presença de vegetação no entorno e de fontes contaminantes atmosféricos,
- b) EAS que oferece serviços com cirurgias, com salas de cirurgia e recuperação: Na parte interna, o foco foi a identificação do tipo de serviço prestado pelo EAS, sendo prioritário o estabelecimento com atendimento secundário ou terciário, ou seja, cirurgias complexas ou não, que necessitam dos ambientes de sala de cirurgia e de recuperação que, pela lei, devem ser refrigeradas por sistema de ar condicionado central e apresentar um sistema de filtração,
- c) EAS que seja refrigerado por sistema de refrigeração central: esta análise visou a observação do maquinário e/ou sistema usado para a climatização do ar interno dos EAS, sendo priorizado o hospital que apresentasse sistema central de ar condicionado para atender às salas de cirurgia, conforme previsto em lei,
- d) EAS que apresente pavimento técnico: busca por um EAS que apresente em sua tipologia arquitetônica um pavimento técnico que serve para abrigar as máquinas de ar condicionado central,
- e) EAS que permitisse acesso às suas dependências: Verificação em todos os EAS visitados se os mesmos permitiriam o acesso às suas dependências, pavimento técnico e máquinas de ar condicionado e consequente acompanhamento das manutenções periódicas, para o desenvolvimento do trabalho,
- f) Escolha de máquina específica para análise e coleta de amostras microbiológicas: dependendo do porte do EAS, várias máquinas de ar condicionado, mais especificamente *fancoils* e *chillers* (máquinas responsáveis pelo resfriamento e impulsionar o ar em um sistema de refrigeração central) são necessárias para atender a demanda. Neste caso, o critério de escolha da máquina foi sua proximidade a portas e/ou janelas, pelo fato de receberem ar externo, em respeito à legislação.

Na sequência, um EAS foi escolhido para o acompanhamento das manutenções periódicas de troca dos filtros e limpeza das máquinas de ar condicionado que respeitasse minimamente todos os critérios apresentados.

## 4.2 ACOMPANHAMENTO E ANÁLISE DAS MANUTENÇÕES PERIÓDICAS

As manutenções periódicas realizadas no EAS eleito foram acompanhadas no período de um ano, com início em novembro de 2017 até o mesmo mês do ano de 2018. Nestes acompanhamentos, foram observados protocolos de atividades em cumprimento às legislações vigentes brasileiras, uso de EPI pelos funcionários, medição de temperatura, umidade, níveis sonoros/ruídos. Elas foram observadas sem interferência do autor deste trabalho nas atividades dos funcionários da empresa terceirizada e responsável pela troca de filtros, limpeza e higienização das máquinas de ar condicionado central em pavimento técnico do EAS escolhido para o desenvolvimento desta pesquisa.

### 4.2.1 Avaliação de protocolo de atividades de manutenção

O primeiro passo foi o contato com os funcionários, com as empresas através de entrevistas e explanação da atividade de pesquisa com ciência de seus respectivos responsáveis administrativos, e na sequência, o desenvolvimento de um protocolo de acompanhamento, para:

- a) Definição da periodicidade das visitas: em virtude de que em algumas visitas poderia haver a manutenção em outros equipamentos que não fossem relacionados ao sistema central de refrigeração do hospital.
- b) Observação sobre o funcionamento das máquinas: para entender como as máquinas funcionam, para caracterizá-las tecnicamente e fisicamente e identificação dos tipos de filtros usados e também através de entrevistas com funcionários de empresas de manutenções de ar condicionado.
- c) Elaboração de histórico de dados: formas de anotação para as atividades observadas, tomada de fotos e armazenamento das mesmas com registro do dia e horário da manutenção e duração da mesma.
- d) Escolha da máquina para coleta de amostras microbiológicas.

O protocolo gerado permitiu observar:

- a) Hora de início das manutenções,
- b) Tempo de realização da troca de filtros,
- c) Higienização das máquinas e limpeza do pavimento técnico,
- d) Localização do armazenamento dos filtros novos e descarte dos filtros usados,
- e) Equipamentos e ferramentas usados pelos funcionários, vestimenta e uso de EPI,
- f) Definição de variáveis de acompanhamento como medições de temperatura e umidade na parte interna do pavimento técnico, em frente à maquina de ar condicionado central escolhida para o desenvolvimento do trabalho.

As medições de temperatura, umidade e níveis sonoros foram realizadas utilizando-se o aparelho Instruterm THDL-400 composto por termômetro, higrômetro e decibelímetro (Figura 14). As medições foram realizadas no mesmo dia das manutenções periódicas durante seis meses, com início em junho de 2018 até novembro do mesmo ano.

**Figura 14:** Aparelho usado para medições de temperatura, umidade e nível sonoro no pavimento técnico do EAS



Fonte: Instruterm

#### 4.2.2 Análise dos tipos de filtros usados, limpeza e substituição

Esta etapa do trabalho observou quantas etapas de filtração cada conjunto de máquinas possui e quais os tipos de filtros usados. Uma entrevista com o responsável técnico pelo hospital foi realizada com o objetivo de entender:

- a) O funcionamento das máquinas,
- b) A estrutura física do sistema e suas características técnicas como taxa de renovação do ar e vazão nominal,
- c) Quais ambientes o sistema central abrange,
- d) Quantas pessoas o sistema atende por mês,
- e) Quantas etapas de filtração o sistema possui desde a captação do ar externo até a sala de cirurgia,
- f) Qual a classificação dos filtros utilizados,
- g) Análise do projeto de ar condicionado em comparação com o que foi executado - *as built* (como construído).

#### 4.2.3 Avaliação do uso de EPI e orientações de trabalho do funcionário da manutenção

A avaliação sobre o uso de EPI pelos funcionários foi observada nas 12 manutenções acompanhadas, com o objetivo de verificar:

- a) Se o EPI é fornecido pela empresa,
- b) Se o funcionário faz uso de todos o equipamento ou apenas parte dele,
- c) Se não há o uso, qual o motivo?

Com relação às orientações de trabalho, verificou-se:

- a) Se há alguma orientação por parte da empresa sobre os trabalhos a serem desenvolvidos na manutenção ou se ela é dada pelo responsável técnico do EAS,
- b) Sequência das atividades – verificação da existência de um planejamento e/ou setorização das atividades,
- c) Preenchimento do Plano de Manutenção, Operação e Controle - PMOC.

### 4.3 AVALIAÇÃO ARQUITETÔNICA DO PAVIMENTO TÉCNICO

#### 4.3.1 Caracterização física do pavimento técnico

O pavimento técnico foi avaliado quanto às suas dimensões, comprimento, largura e altura do pé-direito. As colunas foram medidas, assim como todas as portas e janelas. A localização das máquinas de ar condicionado central, os dutos, desníveis também foram anotados. Os croquis de medição gerados foram transformados em arquivo digital formatado

em desenho técnico, planta e cortes, utilizando-se o *software* AutoCAD, versão 2017. Uma maquete eletrônica do edifício, do pavimento técnico e do sistema de refrigeração foram desenvolvidas através dos dados métricos obtidos utilizando-se o *software* Sketchup, versão 2017.

As características físicas observadas foram:

- a) Tipo de piso,
- b) Tipo de revestimentos,
- c) Tipo de laje, cobertura e forro,
- d) Desníveis no piso,
- e) Tipologia das portas e janelas (material, tipo de abertura e dimensões),
- f) Acessos,
- g) Iluminação ambiente.

As medidas gerais foram tomadas usando trena a laser Bosch 50 m, GLM 50C (Figura 15) e medidas de detalhes usando trena profissional de 8 m da marca Irwin (Figura 16).

**Figura 15:** Trena a laser utilizada para medições no pavimento técnico



Fonte: Bosch

**Figura 16:** Trena utilizada para medições de detalhes no pavimento técnico



Fonte: Irwin

As máquinas de ar condicionado central localizadas no pavimento técnico foram caracterizadas através de observação visual, entrevista com o responsável técnico do EAS e análise das plantas do projeto de refrigeração de ar, observando:

- a) Potência elétrica,
- b) Vazão nominal,
- c) Metragem quadrada do espaço atendido pelo sistema,
- d) Taxa de renovação de ar,

- e) População atendida.

#### 4.3.2 Avaliação da higienização do espaço durante a manutenção

A higienização do pavimento técnico foi analisada através da verificação:

- a) Higienização existente: Verificação do material de limpeza usado e protocolo de limpeza do pavimento,
- b) Higienização inexistente: Qual o motivo aparente,
- c) Observação de demais dados ou fatos que prejudiquem a salubridade do ambiente.

#### 4.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As coletas de amostras nos filtros do sistema de climatização de ar do EAS escolhido, durante as manutenções periódicas tiveram início em junho de 2018 até novembro do mesmo ano. Foram feitas usando *swab* com haste plástica flexível, algodão alginatado, tubo com meio de *cary blair* em embalagem individual estéril, da marca DME (Figura 17).

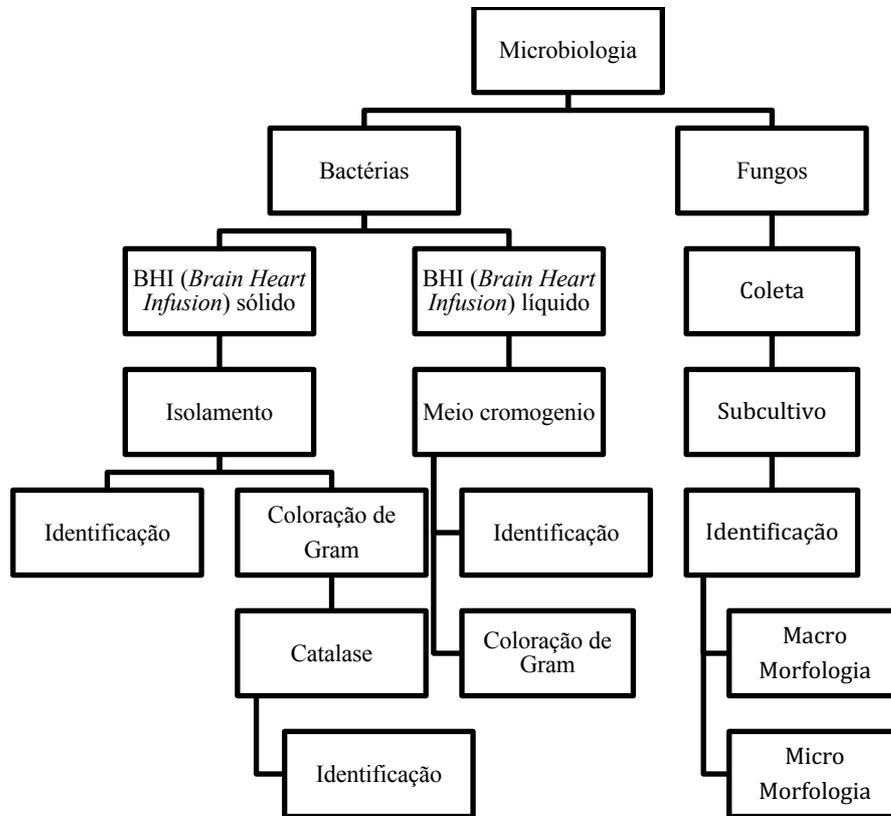
**Figura 17:** *Swab* utilizado para a coleta de amostras nos filtros G3 e Bolsa do EAS



Fonte: Autor, 2019

Após a coleta, os *swabs* foram levados para laboratório de microbiologia para identificação de fungos e bactérias. A metodologia nesta etapa do trabalho se dividiu em duas, uma para análise de bactérias e outra para fungos conforme Figura 18.

**Figura 18:** Etapas de trabalho referentes às análises microbiológicas dos filtros usados em máquina de ar condicionado do EAS



Fonte: Autor, 2019

#### 4.4.1 Bactérias

Com relação às análises de bactérias, foi coletada amostra com *swab* nos filtros G3 e Bolsa. O material colhido foi dividido em dois tipos de processos:

Processo 01 - BHI:

- Isolamento: Placas com meio de cultura sólido BHI – *Brain, Heart Infusion* da empresa KASVI, com ágar da empresa KASVI, foram estriadas em fluxo laminar e colocadas em estufa à 37°C por 24 horas para crescimento de colônias. Após o crescimento, as colônias foram isoladas utilizando uma ponteira que foi levemente tocada em cada colônia específica e posterior estriamento em novo meio de cultura, inserido novamente na estufa à 37°C por 24 horas. Após o crescimento, o material passa pelo processo de coloração de gram e então é identificado.

Processo 01 – meio cromogênio:

- Identificação: Mergulho do material em meio líquido de cultura BHI – *Brain, Heart Infusion* da empresa KASVI e colocadas em estufa à 37°C por 24 horas para crescimento de colônias e, na sequência, amostras do líquido foram estriadas em fluxo laminar em meio cromogênio e colocado novamente em estufa à 37°C por 24 horas para crescimento de colônias.

Processo 02:

- Identificação – meio cromogênio: O crescimento das colônias em meio cromogênio se dá de três possíveis cores. Azul escuro – gram-negativa, azul esverdeado – gram-positiva e amarelo/branco – gram-positiva e já sendo possível identificar as famílias de bactérias.
- Coloração de Gram: A coloração de gram foi realizada pois algumas colônias isoladas são da mesma cor (branca) em meio BHI, não sendo possível verificar se são gram positivas ou negativas. Foram usadas laminas para microscopia, lamínulas, óleo de imersão, microscópio, alça de platina, bico de Bunsen e tudo contendo solução com água esterilizada e corante cristal de violeta. O protocolo, comum para estes testes, foi realizado através de uma lamina contendo esfregaço seco. Neste meio foi pingado gotas de violeta-de-metila e deixado para ação por 15 segundos. Após este prazo, foi adicionada água ao esfregaço por cima do violeta-de-metila até cobrir toda a lamina e deixado para ação por 45 segundos. Na sequência, o líquido foi escorrido e o esfregaço foi lavado com um filete de água corrente e após, a lamina foi coberta com Lugol, deixando agir por 60 segundos. Após este tempo, o Lugol foi escorrido e o material foi lavado novamente em água corrente. Foi aplicado então álcool etílico a 95% para descorar a lâmina por 20 segundos, sendo a mesma lavada novamente em água corrente. A lâmina foi então coberta com Safarina e deixada para corar por 30 segundos, sendo lavada na sequência em água corrente novamente e secada posteriormente ao ar livre. Após secagem, foi aplicada uma gota de óleo de imersão sobre o esfregaço e o material foi observado em microscópio. As bactérias gram-positivas terão coloração azul violeta e as negativas vermelhas.

- Catalase: A catalase é feita apenas para cocos gram positivos e foi realizada através do pinçamento com alça de *Drigalski* em colônias já isoladas e mergulhada em água oxigenada. O resultado se dá pelo borbulhamento ou não da amostra, permitindo a identificação da bactéria. Para catalases positivas, o resultado é *Staphylococcus sp*, nos casos negativos, *Streptococcus*.

#### 4.4.2 Fungos

Com relação às análises de fungos, foi coletada amostra com *swab* nos filtros G3 e Bolsa. Em seguida, placas com meio de cultura sólido *Sabouraud Dextrose Broth*, da empresa Himedia, com ágar da empresa KASVI, foram estriadas em fluxo laminar e colocadas em estufa à 27°C por 48 horas para crescimento de colônias. Após o crescimento, as placas com as colônias de fungos foram levadas para identificação no laboratório de microbiologia da Universidade Paulista – UNIP.

- Coleta:
  - a. Amostras foram obtidas com auxílio de swab (Inlab) atóxico estéril ou por sedimentação espontânea, pela exposição da superfície de meio de cultura por 15 minutos, antes e após a os filtros de ar.
  - b. Material obtido por swab, foi semeado por esgotamento em estrias sobre superfície de Ágar Sabouraud-Dextrose (Difco), o mesmo meio utilizado para coleta por sedimentação espontânea.
  - c. O material foi mantido em incubação em temperatura de 25°C a 30°C (Quimis) por 7 a 10 dias, quando iniciou-se a etapa de identificação dos isolados.
- Subcultivo:
  - a. Recebidas as placas de isolamento, cada isolado foi transferido para dois novos meios contendo Agar Batata-Dextrose (Difco), sendo um em tubo (10x60mm) e um em placa (60x15mm), e incubados a 25°C por até 15 dias.
  - b. As preparações em tubo serviriam às provas de dissecação colonial e laminocultivo (estudo microscópico) e aquelas em placa para prova de colônia-gigante (estudo macroscópico).

- Identificação:

- a. Macromorfologia colonial - Prova de Colônia-Gigante

Cada isolado foi caracterizado morfológicamente em sua superfície colonial, quando foram observados os seguintes itens:

- aspecto (algodonoso, velutíneo, granuloso, ceroso, pastoso);
- cor;
- relevo (dobraduras, elevações ou depressões presentes, inclinações);
- presença de acúmulos metabólicos transitórios ou permanentes (exsudatos ou secreções presentes na superfície das colônias).

Cada isolado também foi caracterizado morfológicamente no reverso das colônias (fundo da placa), quando foram observados os seguintes itens:

- cor;
- presença de rachaduras ou bolhas;
- presença ou ausência de pigmentos difusíveis.

- b. Micromorfologia - Prova do Lâminocultivo ou Microcultivo em Lâmina (Técnica de Rydell)

Cada isolado, devidamente purificado em tubos contendo Batata-Dextrose Ágar, foi transferido para cultivo em condições de favorecimento da expressão de estruturas reprodutivas assexuadas, que permitiriam a identificação em nível de gênero e espécie. O seguimento da técnica foi o seguinte:

- placas de Petri (180x25 mm; Corning), lâminas de microscopia (24x6mm; Corning) e lamínulas (24x32 mm; Corning), foram previamente esterilizadas em autoclave (Phoenix) a 121°C por 15 minutos, e em seguida secas em estufa de secagem (Fanem);
- Batata-Dextrose Ágar (Difco) foi preparado e esterilizado em autoclave (Phoenix), a 121°C por 15 minutos, e posteriormente distribuídos em placas de Petri (180x25mm; Corning), em camada fina (2 a 3mm de espessura), em ambiente asséptico (capela de segurança biológica Quimis);
- quando solidificado, o meio de Batata-Dextrose Ágar foi recortado com lâminas de bisturi estéreis (Advantive), em fragmentos de 15 a 20mm de lado;

- em ambiente asséptico (capela de segurança biológica Quimis), esses fragmentos de meio de cultura foram transferidos para a superfície de lâminas de microscopia esterilizadas, dispostas em placas de Petri autoclavadas;
- porções dos isolados fungicos foram então semeados nas laterais dos fragmentos de meio de cultura, e cada preparação recebeu uma lamínula esterilizada como cobertura;
- um chumaço de algodão estéril, embebido em água estéril, foi então colocado no interior de cada placa de Petri, e então o conjunto foi incubado a 25°C (estufa incubadora Quimis) em penumbra ou no escuro, por até 15 dias;
- ao final do período de incubação, cada preparação de laminocultivo foi inativada com formaldeído (Merck) incorporado ao algodão, 12 horas antes da preparação das lâminas;
- então, lamínulas e lâminas de microscopia foram separadas, o meio de cultura foi descartado e em seu lugar adicionou-se o corante Azul de Lactofenol Algodão (Merck), próprio para observação microscópica de fungos;
- lamínulas foram reassentadas aos seus locais de origem, e cada preparação foi selada com resina (Entellan-Merck), antes da observação microscópica.

#### 4.5 PROGRAMA PROJETUAL ARQUITETÔNICO PARA PAVIMENTO TÉCNICO E PROGRAMA DE ATIVIDADES PARA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A elaboração de um programa orientador arquitetônico para pavimentos técnicos em EAS e programa de protocolo de manutenção preventiva para filtração de sistemas de climatização de ar foi baseada nas leituras da revisão de literatura e nos resultados obtidos nos 12 meses de acompanhamento das manutenções preventivas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 VISITAS TÉCNICAS E DEFINIÇÃO DO EAS COMO OBJETO DE ESTUDO

As visitas técnicas foram feitas nas dependências de 3 EAS diferentes, sendo uma unidade básica de saúde e em dois hospitais em uma cidade do interior do Estado de São Paulo; focadas no levantamento de dados sobre:

- 1) A implantação no meio urbano e todas as características físicas da paisagem urbana do entorno dos edifícios, formas de ventilação e troca de ar realizadas nos interiores do equipamentos urbanos,
- 2) O porte físico e de atendimento (primário, secundário ou terciário) dos EAS, na busca pelos estabelecimentos com salas de cirurgia e de recuperação,
- 3) A presença de sistema de ar condicionado central com sistema de filtração para refrigeração de salas de cirurgia e de recuperação, conforme a lei exige,
- 4) A existência de um pavimento técnico que abrigue as máquinas do sistema de refrigeração central.

Os 4 critérios citados serviram para estabelecer a escolha de apenas um EAS para o acompanhamento das manutenções e análise dos elementos arquitetônicos. É importante informar que os nomes dos hospitais, unidade básica de saúde e do município em que estes equipamentos urbanos estão localizados não serão citados neste trabalho para garantir o sigilo necessário para a proteção dos locais, órgãos públicos e pessoas envolvidas no decorrer dos levantamentos de dados. Neste sentido, a unidade básica de saúde será aqui chamada de EAS 1 e os dois hospitais de EAS 2 e EAS 3.

#### 5.1.1 EAS 1

A unidade básica de saúde (EAS 1) visitada localiza-se em uma área central urbana, próxima de vegetação de grande porte, córrego e vias arteriais de alto tráfego. Tem tipologia térrea e oferece atendimento de emergência 24 horas para adultos, odontologia, atendimento básico com clínica médica, ginecologia e obstetrícia, enfermagem, assistência farmacêutica e vacinação.

O EAS 1 oferece também atendimento de especialidades de serviço social, cardiologia, neurologia, oftalmologia, eletrocardiografia e radiologia, mas não existe serviços de cirurgias e conseqüentemente, não há salas de cirurgia e de recuperação.

A ventilação é feita com o uso de ventiladores na recepção e nos corredores internos, através de ventiladores portáteis instalados nas paredes de alvenaria. A troca de ar nestes locais é precária, visto que não existe aberturas/janelas suficientes para que haja a renovação do ar. Sabe-se que para a renovação do ar através de ventilação natural, o ideal é que o edifício seja projetado de tal forma que existam janelas em lados opostos para que o ar fresco entre renovando o ar no interior do ambiente e saia pelas aberturas localizadas no lado oposto de onde este último entrou. Este tipo de ventilação se chama “ventilação natural cruzada”. Pode ser feita também pela ventilação natural unilateral, quando as aberturas estão uma sobre a outra ou, outra opção para que haja troca de ar de forma natural é pela convecção, quando o ar quente sobe e sai do ambiente interno através de claraboias no teto.

O cenário encontrado é o oposto do que é sugerido na literatura especializada na área de conforto ambiental e arquitetura. Não existem janelas suficientes para que o ar seja renovado e mesmo que houvessem, o edifício localiza-se no meio de uma praça com vegetação densa – fato que pode desviar os ventos no local – rodeado por vias de alto tráfego e um córrego poluído, ou seja, fatores que corroboram para a presença de um ar poluído no entorno.

As salas de atendimento médico e onde são alocados os pacientes emergenciais, que são atendidos em espera, possuem aparelhos de ar condicionado instalados na alvenaria. Porém, a situação encontrada inspira preocupação. Toda a tubulação necessária para o correto funcionamento dos aparelhos está aparente, fato que não traria problemas caso o edifício não fosse destinado para atividades relacionadas à manutenção da saúde humana. Todo o encanamento de água de retorno dos aparelhos é aparente, assim como a tubulação de cobre que transporta os gases necessários para que o ar condicionado refrigere o ar interno, tornando-se local de acúmulo de poeira, insetos e microrganismos (Figura 19).

Outro detalhe que chamou a atenção na visita foi a tubulação da água de retorno instalada de forma a jogar a água do aparelho direto no lavatório de algumas salas de atendimento médico – que deveria ser um local de assepsia do profissional que irá manusear o paciente, tornando o lugar como um foco de proliferação de doenças (Figura 20).

Os aparelhos chamados de “cortina de vento”, responsáveis por não permitir a saída do ar refrigerado de um determinado ambiente sem a necessidade de portas para vedação, encontram-se com suas grelhas sujas (Figura 21). Os aparelhos de ar condicionado não tem

padrão, cada um é de um fabricante diferente, estão sujos, com vazamentos de água - fato que acontece devido à falta de manutenção ou instalação precária dos equipamentos.

Durante a visita foi observado que os aparelhos nunca passaram por uma manutenção, não existe um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) e quando os aparelhos quebram, ou permanecem quebrados, ou devem esperar que a solicitação de manutenção seja atendida pelo órgão responsável da prefeitura municipal, que pode não ser tão ágil como deveria.

**Figura 19:** Instalação dos aparelhos de ar condicionado com tubulação aparente



Fonte: Autor, 2019

**Figura 20:** Instalação dos aparelhos de ar condicionado com tubulação aparente



Fonte: Autor, 2019

**Figura 21:** Aparelho chamado “cortina de vento” com grelhas sem higienização



Fonte: Autor, 2019

### 5.1.2 EAS 2

O primeiro hospital visitado – EAS 2, de construção antiga, é localizado em uma área central da cidade, cercado por edificações antigas com um gabarito que não ultrapassa, no seu entorno próximo, 5 m de altura. Ele é atendido por vias coletoras com alto tráfego e níveis de serviço alto em horários de pico e pouca vegetação nas proximidades.

Atende os três níveis de atenção hospitalar, sendo eles o primário, secundário e o terciário. O primeiro nível de atenção foca em atendimentos básicos, agendamentos de consultas e exames básicos, realizados em grande escala principalmente nas Unidades Básicas de Saúde (UBS). O segundo nível de atenção oferece exames mais complexos com a presença de especialistas das áreas de cardiologia, oftalmologia endocrinologia, dentre outros, sendo característico de hospitais e das Unidades de Pronto Atendimento (UPA) e o último é o nível mais complexo e completo com realização de cirurgias.

O EAS 2 conta com 254 leitos, 250 médicos credenciados, 250 médicos residentes, 1060 funcionários, com média mensal de 18.000 atendimentos, 1600 internações e 800 cirurgias. Sua sala de emergência se assemelha à encontrada no EAS 1, ampla, porém não tão aberta ao ar livre mas já com a presença de aparelhos de condicionamento de ar *Split High Wall* que, segundo a legislação, pode ser empregado/instalado neste nível de atenção hospitalar, como pode ser visto nas Figuras 22 e 23. As salas de atendimento médico e recepções são ventiladas por ventiladores de teto, também permitidos pela legislação pertinente e vigente.

**Figura 22:** Sala de espera para atendimento de emergência do EAS 2



Fonte: Autor, 2019

**Figura 23:** Ar condicionado Split High Wall na sala de emergência do EAS 2



Fonte: Autor, 2019

Mesmo que a legislação permita estes tipos de aparelhos ou tecnologias de refrigeração/ventilação do ar, é importante lembrar que os mesmos precisam passar por uma manutenção periódica, conforme exigem as leis e normas técnicas, mas o que foi encontrado no EAS 2 foi uma situação de acúmulo de partículas de poeira nos dispositivos de refrigeração/ventilação, podendo ser prejudiciais à saúde dos usuários do EAS.

O principal problema encontrado foi nas salas de cirurgia, locais onde a lei específica exige que haja um sistema de climatização central, com processos de filtração e renovação do ar, porém, mesmo a lei sendo clara neste aspecto, o EAS em questão faz uso de aparelhos *Split* para refrigeração do ar e exaustor de modelo similar aos utilizados em lavabos residenciais ou banheiros de ambientes comerciais, de dimensões reduzidas. É uma situação preocupante pois os aparelhos *Split* não possuem filtros capazes de barrar os COV e microrganismos, abundantes no ambiente hospitalar e que podem causar infecções hospitalares graves. A renovação do ar não pode ser feita por completo e principalmente em um ambiente das dimensões das salas de cirurgia visitadas através dos exaustores instalados. Não são os aparelhos indicados para este tipo de ambiente, conforme Figuras 24 e 25.

**Figura 24:** Sala de cirurgia do EAS 2 com ar condicionado Split



Fonte: Autor, 2019

**Figura 25:** Exaustor de modelo residencial na sala de cirurgia do EAS 2 responsável pelas trocas de ar



Fonte: Autor, 2019

### 5.1.3 EAS 3

O EAS 3 visitado localiza-se também na mesma cidade dos demais equipamentos urbanos apresentados anteriormente e está implantado em uma área mais ampla, com vegetação abundante, longe de edifícios de gabarito alto porém próximo de vias coletoras e arteriais que apresentam alto tráfego e próximo de estacionamentos de veículos. É também um EAS de atendimento primário, secundário e terciário de grande porte, de construção recente. O ambiente emergencial é ventilado por aparelhos *Split* assim como as áreas de atendimento médico. As salas de cirurgia, recuperação e exames médicos são refrigeradas e ventiladas por sistema de climatização central, com manutenção periódica mensal, conforme especificações da legislação vigente no país. Durante a visita técnica, foi possível perceber a limpeza das grelhas de ar e de retorno, dos aparelhos *Split* e de todo o espaço físico, fatores importante para evitar infecções hospitalares, conforme pode ser visto nas Figuras 26 e 27.

Este EAS informa que atende 44 bairros com uma população estimada em 150.000 habitantes, composto por 30 leitos de enfermaria, dois leitos complementares de UCI neonatal, 3 salas cirúrgicas, maternidade com sala de aleitamento. Realiza cerca de 4000 consultas, 200 cirurgias de médio e pequeno porte e 90 partos por mês. Possui um ambulatório de

especialidades com atendimento em 28 áreas diferentes, desde a clínica médica à saúde mental e psiquiatria. As especialidades de cirurgia são: cirurgia geral; ginecologia; obstetrícia cirúrgica; oftalmologia; otorrinolaringologia; cirurgia plástica; proctologia; vascular e urologia.

**Figura 26:** Sala de recuperação com grelhas de retorno do ar condicionado limpas do EAS 3



Fonte: Autor, 2019

**Figura 27:** Sala de cirurgia com grelhas de retorno do ar condicionado limpas do EAS 3



Fonte: Autor, 2019

O EAS 3 possui um pavimento técnico que abriga as máquinas de ar condicionado central, que são compostas por torres de resfriamento, condensador, evaporador, compressor e unidade de captação de ar e filtração.

#### 5.1.4 Observações preliminares e definição do EAS

De acordo com as visitas realizadas, foram levantadas problematizações de acordo com os critérios de análise durante as visitas, que ajudaram na tomada de decisão sobre qual EAS deveria ser monitorado durante os 12 meses propostos, como pode ser analisado no Quadro 5.

**Quadro 5:** Critérios de escolha de EAS para definição como objeto de estudo

EAS	Critérios			
	Má escolha de terreno para implantação	Salas de Cirurgia e de Recuperação	Sistema de refrigeração de ar e de filtração	Pavimento técnico
EAS 1	√			
EAS 2	√	√		
EAS 3		√	√	√

Fonte: Autor, 2019

Nestas visitas notou-se que a escolha inadequada do local para a implantação do EAS 1 e 2, devido à proximidade com vias arteriais de tráfego, córrego que recebe tubulação de esgoto sem tratamento, e massa de construção no entorno muito densa, não provêm um ar limpo e fresco para a troca de ar no seu interior.

Os projetos arquitetônicos do EAS 1 e 2 não contemplam áreas de troca de ar por meio natural e os equipamentos de refrigeração de ar não foram considerados no processo projetual, visto que suas instalações mostram técnicas inapropriadas que corroboram para a apresentação de aspectos da Síndrome do Edifício Doente. Os aparelhos de ar condicionado *Split* do EAS 2 não são os indicados pela legislação para as salas de cirurgia e recuperação e não passam por manutenção periódica, assim como seus respectivos filtros.

Devido ao fato do EAS 3 apresentar um sistema de refrigeração de ar central com seu maquinário abrigado em um pavimento técnico específico e também por respeitar a legislação vigente sobre refrigeração de ar, ele foi o escolhido para o acompanhamento das manutenções preventivas no sistema central, mais especificamente nas trocas dos filtros e na observação dos protocolos de manutenção, preenchimento do PMOC e descarte dos filtros inutilizados e também, para o estudo arquitetônico do pavimento técnico, para a verificação de suas características físicas e sua influência no microambiente que este cria no topo do edifício e na qualidade do ar que é insuflado para o interior do hospital.

## 5.2 TIPOLOGIA DO EAS 3

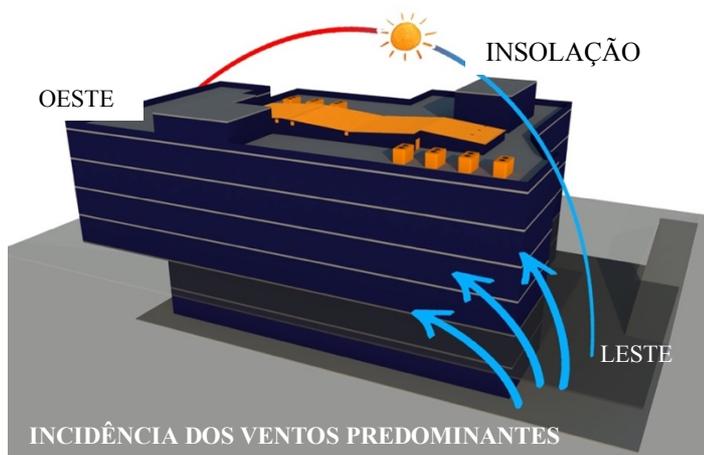
### 5.2.1 Arquitetura do EAS 3

O EAS 3 foi fundado no ano de 2003 e abrange uma população de mais de 150 mil pessoas, realizando desde sua fundação mais de 400 mil consultas, 8.400 cirurgias e mais de 4.400 internações na enfermaria de pediatria e de cirurgia. São mais de 5 mil pessoas atendidas

por mês, segundo dados fornecidos pelo próprio hospital, que conta com mais de 20 especialidades médicas e atendimento hospitalar 24 horas para pacientes internados.

O edifício que abriga o EAS 3 tem área construída de 9.200 m<sup>2</sup> divididos em dois subsolos e 4 pavimentos superiores. Nos dois subsolos estão os atendimentos da clínica de fisioterapia e áreas de apoio como almoxarifados, cozinha, copa e também centrais de esterilização, rouparia, nutrição, dentre outros. No pavimento térreo estão a recepção e toda a área de atendimento médico, consultórios, salas de urgência e diagnósticos. O primeiro andar conta com os consultórios médicos, setor administrativo, enfermaria de pediatria com 10 leitos (com mais de 1600 atendimentos desde sua fundação). O centro cirúrgico está localizado no segundo andar do edifício com 2 salas de cirurgia mais a sala de recuperação, leitos e setor de pesquisas. Está implantado em um terreno amplo próximo a vegetações de grande porte e de vias públicas de hierarquia arterial e construções vizinhas de gabarito baixo. Está orientado no terreno no sentido Sudoeste para Nordeste, em relação à orientação solar, e recebe rajadas de ventos predominantemente do Sudeste, conforme Figura 28.

**Figura 28:** Maquete eletrônica representativa da tipologia arquitetônica do EAS 3



Fonte: Autor, 2019

Estas características físicas podem mostrar que o edifício recebe radiação solar no período da manhã, com temperaturas mais amenas nas fachadas que abrigam uma parte dos leitos e setor administrativo, permitindo um conforto ambiental nestes ambientes sendo mais favorável às atividades exercidas pelo hospital. O sol da tarde, com temperaturas mais altas, banha as fachadas que abrigam outra parcela dos leitos e principalmente o pavimento técnico, que está localizado no terceiro andar.

### 5.2.2 Caracterização do pavimento técnico do EAS 3 e suas deficiências técnicas

O pavimento técnico, localizado no topo do edifício, abriga todo o maquinário do sistema de condicionamento de ar do EAS 3. Tem aproximadamente 500 m<sup>2</sup>, é sustentado por pilares de tijolo de concreto aparente em uma quantidade alta, o que dificulta o fluxo de pessoas no local.

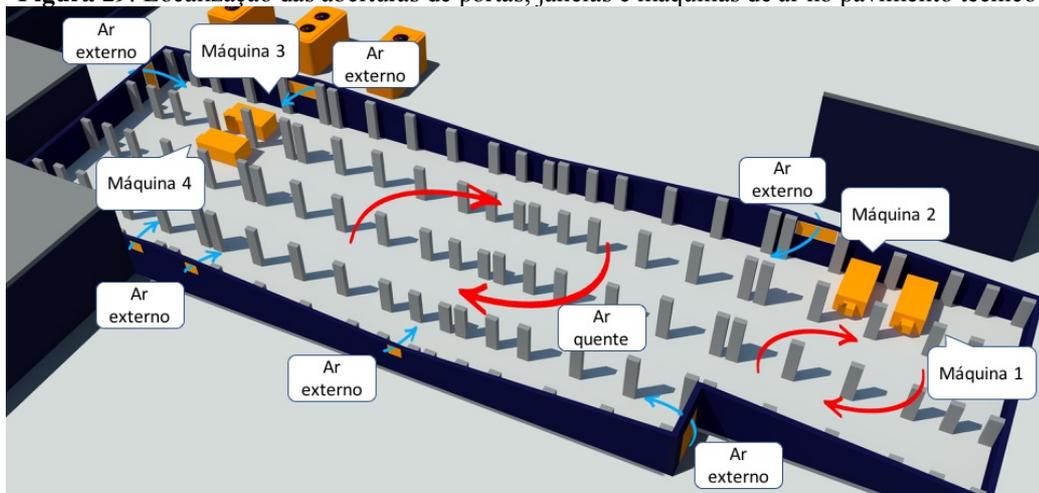
Tem pé-direito variável devido à tipologia da sua cobertura, tendo no ponto mais baixo 1,50 m de altura e no ponto mais alto 2,70 m. Não existe forro que separa o ambiente do pavimento técnico da sua cobertura, que é composta na parte superior por telha metálica com inclinação que varia nas mesmas proporções dos pés-direitos, e na parte inferior com uma manta térmica. Não há um isolamento entre cobertura e ambiente. Por estar localizado na parte mais alta do edifício, este pavimento recebe radiação solar durante todo o dia e devido ao fato de que sua cobertura é composta por telha metálica, que tem inércia térmica baixa, ou seja, transfere rapidamente o calor externo para o ambiente interno que, por sua vez, não está totalmente protegido, tendo em vista que a manta térmica é ineficiente, corroborada pelas baixas medidas dos pés-direitos, que faz com que o microambiente seja extremamente quente.

A ventilação existente se faz por meio de aberturas/janelas, porém, a quantidade e dimensionamento destas não são suficientes para prover iluminação e ventilação natural ao espaço. De acordo com o Código de Obras do município em que o EAS 3 está localizado, a área mínima de janelas em construções deve ser 1/6 da área do ambiente, ou seja, o pavimento técnico tem aproximadamente 500 m<sup>2</sup> de área útil interna, desta forma, a área mínima de aberturas deveria ser de aproximadamente 84 m<sup>2</sup>, porém, de acordo com o levantamento arquitetônico realizado, a área de abertura, somando todas as janelas e portas existentes, não passa dos 10 m<sup>2</sup>, ou seja, 89% menor do que o exigido pelo Código de Obras do município, conforme pode ser visto na Figura 29.

Na Figura 29, pode-se observar as pequenas dimensões das aberturas para o ambiente externo e a localização das 4 máquinas que alimentam o sistema de refrigeração de ar central que também são fontes de calor, aumentando ainda mais a temperatura no local.

Esta situação, que pode ser melhor compreendida nas Figuras 30 e 31, dificulta a ventilação natural neste pavimento técnico, prejudicando a renovação do ar em um local que é importante para a salubridade do EAS 3, tendo em vista que nele estão instaladas 4 máquinas que alimentam o sistema de refrigeração central através das tomadas de ar externo de cada uma.

**Figura 29:** Localização das aberturas de portas, janelas e máquinas de ar no pavimento técnico



Fonte: Autor, 2019

**Figura 30:** Uma das poucas janelas do pavimento técnico, próxima de máquina de ar condicionado, 1 m x 0,40m



Fonte: Autor, 2019

**Figura 31:** Janela com dimensões 0,60 m x 0,60 m no pavimento técnico



Fonte: Autor, 2019

Além de prejudicar a entrada de ar novo no sistema, o ambiente pode ser um grande abrigo de microrganismos que encontram ali o ambiente perfeito para colonização, como bactérias e fungos, já que os pilares e paredes não receberam acabamento em massa fina ou material cerâmico como azulejos e o piso de todo o pavimento é em concreto bruto, conforme Figuras 32 e 33, portanto, paredes e piso são porosos e podem servir como áreas de proliferação de microrganismos prejudiciais à saúde, espalhados para o interior do edifício pelos dutos do sistema de ar condicionado central.

**Figura 32:** Piso do pavimento técnico em cimentado poroso



Fonte: Autor, 2019

**Figura 33:** Corredor principal do pavimento técnico onde pode-se observar o piso e colunas com materiais porosos



Fonte: Autor, 2019

Outro problema encontrado é a falta de higienização e organização espacial do pavimento técnico. Este acaba sendo um espaço de depósito de materiais como filtros de ar condicionado novos, embalagens de produtos de limpeza misturados com equipamentos de ar condicionado *Splits* usados, entulho e outros materiais não identificados. Isso pode ser um problema pois servem de abrigo para animais peçonhentos e de acúmulo de sujidades, aumentando o risco de contaminação dos filtros de ar condicionado, como pode ser visto nas Figuras 34 e 35.

**Figura 34:** Entulho encontrado no pavimento técnico



Fonte: Autor, 2019

Situações como estas encontradas no EAS 3 podem se repetir em outros hospitais pois a legislação vigente não apresenta um plano ou um guia de como estes pavimentos técnicos devem ser projetados, isto significa que não há orientações técnicas que digam ao profissional, arquiteto ou engenheiro, como devem ser os revestimentos, se devem ser cerâmicos ou em tinta lavável, se os azulejos devem ser de piso-teto ou até meia parede; o tipo de piso, se deve ser em concreto bruto, queimado, granilite, poroso ou não poroso, sua resistência, juntas de dilatação; as dimensões das janelas; o gabarito do pé-direito; o que pode e o que não deve ser armazenado nestes espaços junto com as máquinas do sistema de ar condicionado. Portanto, o profissional sem orientação, projeta sem entender o alcance das consequências que um processo projetual falho pode causar na QAI do EAS, na saúde dos funcionários e consequentemente, dos pacientes dos hospitais.

**Figura 35:** Filtros novos armazenados em meio a sujidades no pavimento técnico



Fonte: Autor, 2019

### 5.3 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO CENTRAL E DE FILTRAÇÃO DO EAS 3

#### 5.3.1 Caracterização física das máquinas

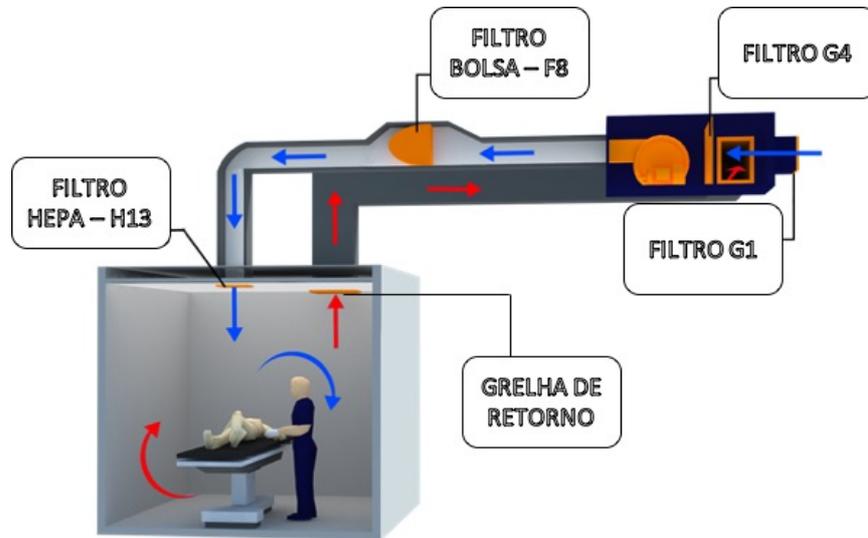
O sistema de ar condicionado central do EAS 3 é destinado para o centro cirúrgico no segundo pavimento do EAS 3 e é composto por 4 máquinas, localizadas no pavimento técnico. As máquinas foram construídas em alumínio e os dutos são externos (no pavimento técnico), devidamente isolados termicamente. Possuem entrada de ar externo na parte frontal com um filtro G1, um G4 antes do *fancoil* ainda dentro da máquina, um filtro bolsa tipo F8 no duto de saída e um filtro HEPA tipo H13 no teto da sala de cirurgia, conforme Figuras 36 e 37.

Todo o sistema se completa com as grelhas dentro das salas já citadas que permitem o retorno do ar para o reinício do processo, para ser filtrado novamente. A importância deste ar novo retirado do ambiente externo é grande, pois renova continuamente o ar recirculado nos ambientes internos, minimizando a chance de ocorrência de contaminações e infecções hospitalares. O projeto instalado contempla vazão de ar externo em 29% e ar de retorno em 71%.

De acordo com as normas técnicas, as máquinas que o captam devem estar localizadas próximas de fontes limpas, a uma altura determinada que fique distante de fontes poluidoras

como vias públicas, tráfego e protegidas de animais e insetos. Desta forma, o pavimento técnico se torna um ambiente importante no processo de renovação do ar refrigerado.

**Figura 36:** Maquete esquemática do funcionamento de um fancoil em sistema de ar condicionado central do EAS 3



Fonte: Autor, 2019

**Figura 37:** Uma das 4 máquinas do sistema de ar condicionado central do EAS 3



Fonte: Autor, 2019

Estas máquinas estão suspensas do piso cerca de 5 cm, apoiados em uma sapata de cimento, rodeadas por filete de madeira, todos com alta porosidade o que de fato, não é o ideal conforme já citado e estão instaladas longe de acessos ao ar externo.

### 5.3.2 Características técnicas das máquinas

Cada máquina do sistema de refrigeração central do EAS 3 possui na sua lateral uma placa metálica de identificação dos dados técnicos, conforme Figura 38, sendo modelo, número de série, capacidade frigorífica, capacidade calorífica, capacidade de umidificação, grau de filtragem, código de projeto, ano de fabricação, motor, tensão, vazão de ar, pressão estática.

**Figura 38:** Placa de identificação de dados técnicos das máquinas

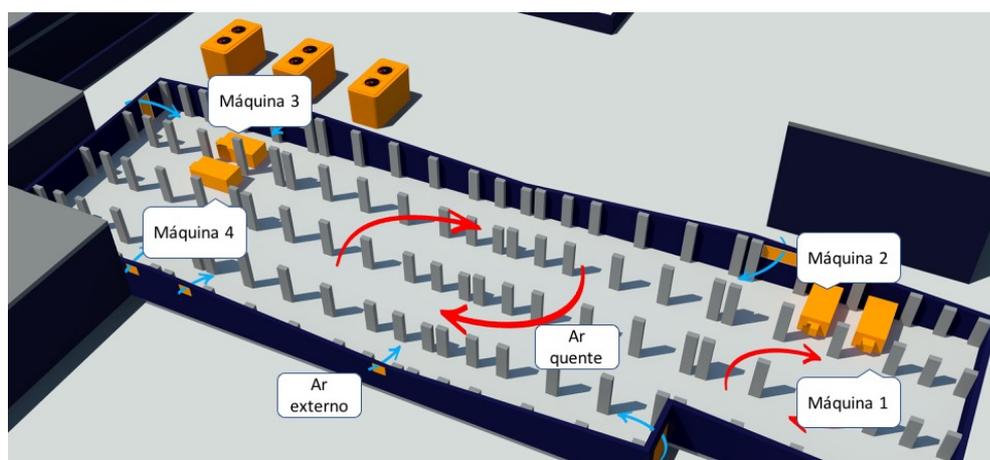


Fonte: Autor, 2019

O sistema de ar condicionado central do EAS 3 é formado por 4 máquinas do tipo fancolete (Figura 39), que são responsáveis por refrigerar e filtrar o ar de todo o centro cirúrgico. Independentemente, a máquina 1 atende a sala de cirurgia 1, a máquina 2 atende as salas de recuperação e videolaparoscopia, a máquina 3 atende a sala de cirurgia 1, e a máquina 4, atende as salas de copa/conforto médico, corredores e paramentação e pré-anestesia (Tabela 9). Todos estes ambientes estão localizados dentro do centro cirúrgico que tem área total de aproximadamente 260 m<sup>2</sup>, no segundo pavimento do EAS 3. De acordo com informações obtidas no EAS 3, foram realizadas no ano de 2018, uma média de 200 cirurgias de pequeno e médio portes por mês.

Os dados da Tabela 10 revelam quais ambientes são atendidos pelas máquinas e valores de ar de insuflamento (INS), tomada de ar externo (A.E.), capacidade nominal (TR) e metragem quadrada, obtidos através da análise do projeto de ar condicionado fornecido pelo EAS 3.

**Figura 39:** Identificação das 4 máquinas e suas localizações no pavimento técnico



Fonte: Autor, 2019

**Tabela 9:** Dados de projeto para cálculo de carga térmica do sistema de ar condicionado central do EAS 3

Máquina	Ambientes	INS (m <sup>3</sup> /h)	A.E. (m <sup>3</sup> /h)	Capacidade Nominal (TR)	Área Atendida (m <sup>2</sup> )
1	Sala de Cirurgia 2	2700	510	3,33	20
2	Recuperação	1670	270	2,36	49
2	Videolaparoscopia	1368	324	2,19	93
3	Sala de Cirurgia 1	2700	540	3,41	30
4	Copa/Conforto Médico	318	162	0,85	15
4	Corredores e Paramentação	2250	1125	3,47	93
4	Pré-Anestesia	601	300	1,37	45

Fonte: Autor, 2019

As máquinas que atendem estas salas específicas do centro cirúrgico, tem dimensões de 1,60 m de comprimento, 1,05 m de largura e 0,61 m de altura, pesam cada uma 300 kg, e são responsáveis por vazões e taxas de renovação de ar conforme Tabela 10.

Os valores indicados nas tabelas 9 e 10, quando comparados, deixam evidente o fato de que o sistema de ar condicionado central do EAS 3 atende a demanda de refrigeração de ar dos ambientes do centro cirúrgico, em respeito à legislação vigente. De acordo com Hitchcock *et al.*, (2006), a capacidade do sistema de refrigeração é determinada por sua habilidade em refrigerar e umidificar de forma eficaz os ambientes, ou seja, o sistema é considerado eficiente

se ele supre a demanda de determinado edifício, população interna e atividades desenvolvidas no local. Pode-se dizer então que, no caso do EAS 3, o sistema opera satisfatoriamente.

**Tabela 10:** Vazão e capacidade nominal das máquinas do EAS 3

Máquina	Vazão nominal (m <sup>3</sup> /h)	Capacidade nominal (TR)	Pressão estática (Pa)	Capacidade frigorífica (Kcal/h)
1	2700	4,05	1407	12,266
2	3098	5,70	352	17,279
3	2700	4,05	1407	12,266
4	3098	5,70	352	17,279

\*TR – Tonelada de Refrigeração (1TR = 3,517 kW)

Fonte: Autor, 2019

### 5.3.3 Filtros usados no EAS 3

Os filtros usados no sistema de condicionamento central do EAS 3 são fornecidos pela empresa Airlink Filtros Industriais e são de quatro tipos diferentes, divididos em 4 etapas de filtração. A primeira etapa é feita por um filtro do tipo G1, responsável por barrar impurezas de grande granulometria, de fibra de lã de vidro não lavável. A segunda etapa é feita por um filtro do tipo G4, responsável por segurar em suas fibras de lã de vidro não lavável, partículas de granulometria menores. A terceira etapa, um filtro “bolsa”, do tipo F8, plissado, de microfibras de vidro emoldurados em estruturas de plástico, responsável pela filtração de material particulado fino em suspensão e aerossóis e a quarta etapa por um HEPA tipo H13, localizado no teto das duas salas cirúrgicas. (Tabela 11).

Os dados da Tabela 11 foram obtidos pelas etiquetas de identificação de produto, presentes nas embalagens dos filtros novos, armazenados no pavimento técnico, conforme Figura 40. Os dados de vazão, perda de carga inicial e final foram obtidos no *website*<sup>13</sup> da empresa fornecedora, identificados pelo modelo e classe de filtração.

O filtro G1 (Figura 41), usado na primeira etapa de filtração, em contato direto com o ar externo não é lavável, porém, é considerado como tal pela empresa de manutenção, que adapta os filtros G4 às dimensões da grelha de captação.

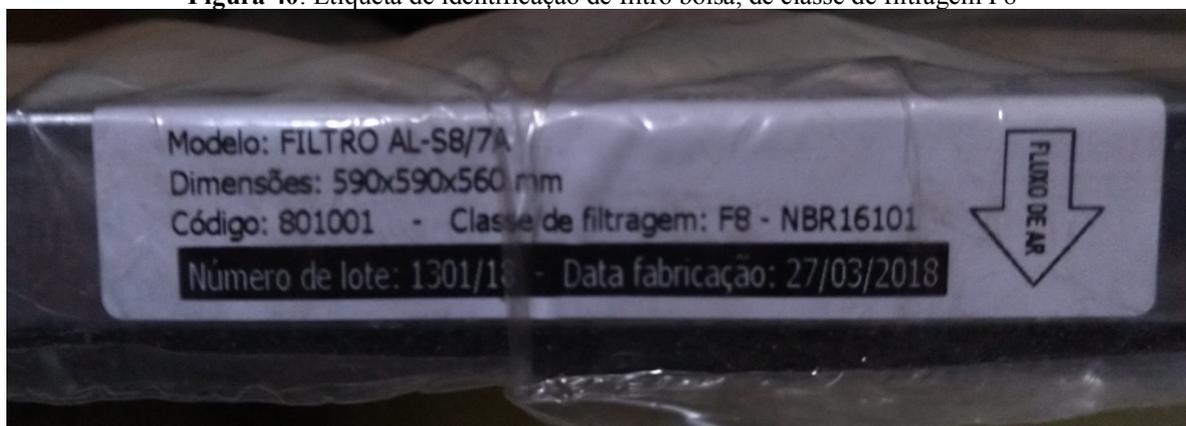
<sup>13</sup> Disponível em <<https://www.airlinkfiltros.com.br/>>. Acesso em 24/02/2019.

**Tabela 11:** Filtros usados no sistema de refrigeração de ar central do centro cirúrgico do EAS 3

Etapa de filtração	Fornecedor	Classe de filtração	Dimensões (mm)	Área de Filtração (m <sup>2</sup> )	Modelo	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Perda de carga inicial (Pa)	Perda de carga final (Pa)
Primeira	Airlink	G1	295x295	0,08	Não fornecido	800	40	90
Segunda	Airlink	G4	500X500 / 700X480	0,25	ALM-250	2200	60	250
Terceira	Airlink	F8	590x590x560	1,45	AL-S8/7A	2500	145	450
Quarta	Airlink	H13	610x610x292	1,10	AL-HC/ H1308P-VS	2400	Não fornecido	600

Fonte: Autor, 2019

**Figura 40:** Etiqueta de identificação de filtro bolsa, de classe de filtração F8



Fonte: Autor, 2019

**Figura 41:** Filtro G1 de uma das máquinas do EAS 3 antes da manutenção



Fonte: Autor, 2019

O filtro G4 é instalado em todas as máquinas, com dois tipos de formato. Nas máquinas 1 e 3, a grelha possui 700 mm x 480 mm e nas 2 e 4, duas grelhas de 500 mm x 500 mm (Figura 42).

O filtro bolsa tipo F8 com dimensões 590 mm x 590 mm x 560 mm (Figura 43), é instalado nos dutos de ar com acesso ainda no pavimento técnico, através de um alçapão parafusado no próprio duto, sendo 4 no total; e o Filtro HEPA tipo H13 com dimensões 610 mm x 610 mm x 292 mm, instalado nas salas de cirurgia, (2 por sala), sendo 4 no total.

**Figura 42:** Filtro G4 de 500 mm x 500 mm em grelha metálica, removido da máquina para manutenção



Fonte: Autor, 2019

**Figura 43:** Filtro bolsa tipo F8 da máquina 3, solto dentro do duto



Fonte: Autor, 2019

Este levantamento permite a dedução de que o projeto de ar condicionado deve estar integrado em todas as etapas, ou seja, o tipo de atividade exercida no ambiente define os tipos de filtros necessários, orientados pela legislação. A metragem quadrada destes ambientes e a localização deles no edifício, descrevem as distâncias a serem percorridas pelos dutos desde as máquinas até as grelhas nas salas, definindo números de capacidade nominal, vazão e taxas de renovação de ar, diretamente vinculados com os dados de vazão, perda de carga inicial e final dos filtros, o que interfere na eficiência energética de todo o sistema.

O que pode ser observado no EAS 3 é que todo o sistema de refrigeração de ar central, destinado para o centro cirúrgico, está em concordância com as normas vigente no que diz respeito às etapas de filtração, taxas de renovação, tipos de filtros e capacidade nominal das máquinas assim como a sequência dos filtros do sistema de refrigeração central no EAS 3 (início com filtro do tipo G1, G4, F8 e finaliza com HEPA tipo H13) que propicia um bom sistema de filtração do ar.

O pavimento técnico deve oferecer um microambiente salubre que não corrobore com a proliferação de fungos e bactérias, além da presença de animais e insetos. As máquinas devem ser dimensionadas de forma a garantir a eficiência energética de todo o sistema, inclusive com a medição da pressão no interior dos *fancoils* e dutos, a fim de garantir que a troca dos filtros aconteça no momento correto, evitando desperdícios e/ou troca tardia (porém, este tipo de aferição não é realizado no EAS 3) e o uso de filtros adequados para o tipo de ambiente e atividades hospitalares, além de terem manutenção preventiva e salubre que garanta na troca dos filtros a não contaminação de todo o sistema.

#### 5.4 MANUTENÇÕES PREVENTIVAS

As manutenções dos filtros do sistema de condicionamento de ar do EAS 3 foram acompanhadas no período entre novembro de 2017 e novembro de 2018. Nestes acompanhamentos foram observados a princípio aspectos físicos das máquinas, dos filtros, do ambiente e do pavimento técnico, assim como os protocolos de atividades a serem cumpridas no processo de troca dos filtros pelos funcionários da empresa terceirizada, responsável pela manutenção.

#### 5.4.1 Manutenções – funcionários e protocolos

Durante o acompanhamento das manutenções, foi observado que a cada mês havia um funcionário terceirizado diferente e que visualmente deixava-se notar a falta de conhecimento do sistema como um todo, modos operantes das máquinas e de protocolos a serem seguidos. Não foi observado o respeito a protocolos e/ou práticas de segurança e uso de EPI como luvas, máscaras e protetores auriculares, apenas uniformes e botas plásticas. Em alguns casos, funcionários terceirizados foram trabalhar no pavimento técnico com vestuário impróprio (Figuras 44, 45 e 46).

**Figura 44:** Falta de uso de EPI - vestuário impróprio



Fonte: Autor, 2019

**Figura 45:** Falta de uso de EPI - luvas



Fonte: Autor, 2019

**Figura 46:** Falta de uso de EPI – máscara e luvas



Fonte: Autor, 2019

Estes fatos mencionados provam que a falta de EPI expõe o funcionário à fungos e bactérias não somente do microambiente do pavimento técnico, mas também aos presentes nos filtros, que saem diretamente das salas de cirurgia e corredores do EAS, expondo o funcionário à contaminação e colocando sua saúde em risco.

Outro fator importante observado foi a falta de um protocolo de atividades a serem desenvolvidas no momento da manutenção. Não há uma ordem clara e objetiva das atividades, o que deve ser feito em primeiro lugar, o que deve ser realizado posteriormente, de qual pavimento a manutenção deve ser iniciada, dos primeiros andares, dos mais altos, ou dos mais baixos para os superiores. A cada mês a manutenção aconteceu de uma maneira diferente. Isso pode acarretar no transporte de microrganismos de um setor para o outro, contaminando todo o EAS através das roupas e equipamentos dos funcionários que andam por todo o hospital (Tabela 12).

**Tabela 12:** Observações sobre as manutenções preventivas no EAS 3

Horário de Início das manutenções	Tempo de realização da troca dos filtros	Higienização das máquinas	Local de armazenamento dos filtros novos	Ferramentas	EPI
7h00 - 8h00	15min por máquina	Lavagem externa e interna com máquina de jato d'água	No pavimento técnico	Caixa de ferramentas fornecida pela empresa	Calça em tecido grosso e bota plástica

Fonte: Autor, 2019

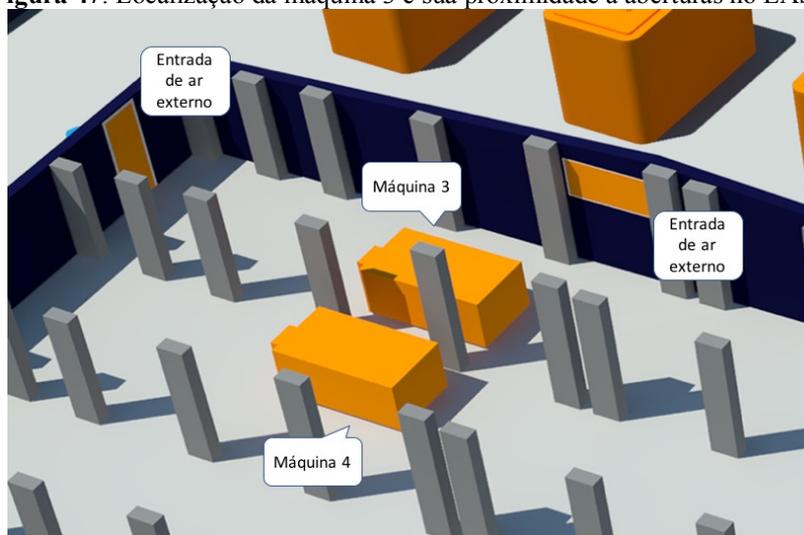
#### 5.4.2 Manutenções dos filtros

As manutenções nos filtros do sistema de condicionamento central de ar do EAS 3 foram acompanhadas durante um ano, conforme já citado, com início em novembro de 2017 e término em novembro de 2018. Neste período de tempo, foram observados que tipo de filtro são usados no sistema, como é feita a troca e o descarte.

No período de novembro de 2017 à maio de 2018, todo o processo de manutenção foi fotografado, foram realizadas medições de temperatura, umidade relativa e de ruído no mesmo dia da manutenção preventiva, que ocorria a cada 30 dias. O objetivo de todas estas medições foi o de entender qual a relação entre o clima no exterior e no interior do pavimento técnico com a intensidade de sujidade dos filtros, no sentido de descobrir se há uma relação direta entre estes fatores, como informa toda a legislação pertinente. Nos últimos 06 meses do período de acompanhamento das manutenções, foi realizada coleta de amostras dos filtros para análise microbiológica.

No pavimento técnico estão instalados 4 *fancoils* que são responsáveis por captar ar externo e inseri-lo no sistema e também de filtrar 100% do ar circulante. Nos dias de manutenção, o acompanhamento técnico para o desenvolvimento deste trabalho abrangeu a troca dos filtros tipos G1 e G4 e Bolsa tipo F8 de todas as máquinas, assim como as medições climáticas. Para as análises microbiológicas, a máquina 3 foi escolhida por ser a responsável por refrigerar uma das salas de cirurgia e por sua proximidade a duas aberturas (uma porta de acesso a um terraço e uma janela), podendo ser mais exposta à poluição atmosférica externa (Figura 47).

**Figura 47:** Localização da máquina 3 e sua proximidade a aberturas no EAS 3



Fonte: Autor, 2019

O filtro G1, localizado na frente das máquinas onde o ar externo é captado, recebe manutenção periódica a cada 30 dias. É envolto por uma moldura de alumínio e é lavado pelos funcionários da empresa responsável pelas atividades (Figura 48).

**Figura 48:** Filtro G1 sendo lavado pelo funcionário da manutenção



Fonte: Autor, 2019

De acordo com informações obtidas nos catálogos dos fornecedores de filtros para sistemas de ar condicionado central, este tipo de filtro não é lavável. O único que pode ser limpo utilizando água é o filtro G1 metálico. O utilizado no EAS 3 é do mesmo material dos filtros G4 e portanto deveria ser descartado, pois as fibras molhadas e/ou úmidas, servirão como local ideal para proliferação de fungos e bactérias somado às temperaturas e umidade relativa inerentes do pavimento técnico.

O filtro G4 também é emoldurado por uma estrutura de alumínio e uma grelha de proteção localizada na parte posterior. A fibra é substituída por uma nova no momento da manutenção, que também ocorre periodicamente a cada 30 dias e a grelha é lavada com jato de água, conforme Figura 49.

**Figura 49:** Filtros G4 na grelha 500 mm x 500 mm, usado nas máquinas 2 e 4



Fonte: Autor, 2019

O problema encontrado é que a grelha é lavada no mesmo local em que os *fancoils* estão instalados no pavimento técnico (Figura 50), onde o piso e paredes são porosos e não recebem manutenção de limpeza, ou seja, existe um grande risco de contaminação das grelhas por fungos e bactérias que terão acesso direto ao interior do sistema. Outro fator importante é que a grelha não é secada, o filtro novo é instalado na estrutura molhada/úmida, o que auxilia na colonização de microrganismos e o funcionário terceirizado não utiliza luvas para a troca, o que também pode contaminar o material novo.

**Figura 50:** Lavagem das grelhas de suporte dos filtros



Fonte: Autor, 2019

Além disso, os filtros novos são posicionados antes da troca em local sujo, como no piso ou em cima de superfícies que podem estar contaminadas ou próximos dos filtros usados, conforme Figura 51. Isso mostra que não há um protocolo das manutenções, que os funcionários não foram treinados para executar tal trabalho e que o EAS 3 corre um grande risco de ter seu sistema inteiro contaminado por microrganismos que podem oferecer riscos de vida aos usuários do equipamento urbano.

As máquinas também receberam neste período de análises manutenções de limpeza. Estas são abertas e o funcionário lava o seu interior com jato de água fria. Não há a secagem do interior das máquinas ao final das manutenções e o material em alumínio já apresenta sinais

de corrosão/ferrugem em determinados locais (Figura 52), sendo mais um fator de risco de contaminação.

**Figura 51:** Filtro limpo em contato direto com piso sujo e filtros usados



Fonte: Autor, 2019

**Figura 52:** Condições físicas das máquinas em mau estado de conservação - ferrugem



Fonte: Autor, 2019

O descarte do material removido/substituído também não é feito de maneira adequada. Todos os filtros G4 são dispostos em caixas de papelão ou sacos plásticos (Figura 53), sendo agrupados em um local dentro do pavimento técnico. O destino final destes resíduos, segundo a legislação brasileira, seria sua incineração, porém, nenhum dos funcionários terceirizados soube dizer se isto acontecia ou se eram dispostos em aterros sanitários.

**Figura 53:** Descarte inadequado dos filtros usados



Fonte: Autor, 2019

#### 5.4.3 Aspectos climáticos

Os aspectos climáticos podem influenciar na sujidade dos filtros e podem corroborar para a proliferação de microrganismos no interior do pavimento técnico e também nos filtros e dutos do sistema de refrigeração do EAS.

Os dados pluviométricos e de temperatura externa foram obtidos no CIIAGRO – Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas, que faz análises meteorológicas diárias através de pontos de coleta em 146 regiões diferentes do Estado de São Paulo e foi escolhido por ser o único órgão oficial estatal que apresenta dados pluviométricos na região analisada.

As datas das manutenções preventivas no EAS 3, estações do ano, temperaturas máxima e mínimas absoluta e precipitação, podem ser observados na Tabela 13.

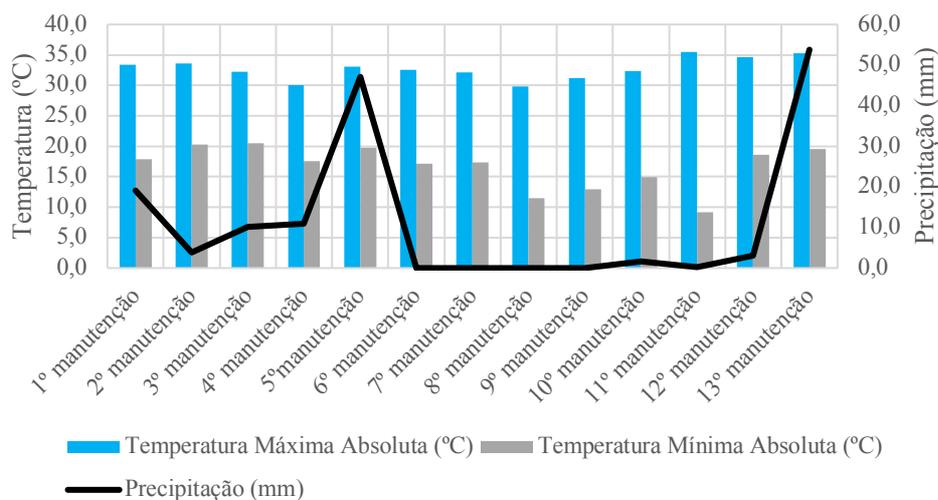
A temperatura máxima absoluta nos períodos de acompanhamento ficou entre 29,8°C e 35,5°C, que são temperaturas ambientes propícias para a proliferação de fungos e bactérias. Os períodos de chuva na cidade no intervalo de tempo das coletas de dados no EAS 3, se concentraram entre os meses de outubro de 2017 e março de 2018, com um intervalo de “seca” entre os meses de abril de 2018 e julho de 2018, com chuvas esporádicas nos meses de agosto e outubro de 2018, sendo mais fortes a partir do mês de novembro de 2018 (Figura 54).

**Tabela 13:** Aspectos climáticos – ambiente externo ao EAS 3

Visitas	Data	Estação	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Precipitação (mm)
1º manutenção	01/11/17	Primavera	33,4	17,9	19,1
2º manutenção	04/12/17	Primavera	33,6	20,3	3,8
3º manutenção	05/01/18	Verão	32,2	20,5	10,2
4º manutenção	06/02/18	Verão	30,0	17,6	10,9
5º manutenção	02/03/18	Verão	33,1	19,8	47,1
6º manutenção	09/04/18	Outono	32,5	17,1	0,0
7º manutenção	07/05/18	Outono	32,1	17,3	0,0
8º manutenção	04/06/18	Outono	29,8	11,5	0,0
9º manutenção	03/07/18	Inverno	31,2	12,9	0,0
10º manutenção	01/08/18	Inverno	32,3	14,9	1,6
11º manutenção	03/09/18	Inverno	35,5	9,2	0,3
12º manutenção	01/10/18	Primavera	34,6	18,6	3,1
13º manutenção	01/11/18	Primavera	35,3	19,5	53,8

Fonte: CIIAGRO. Adaptado pelo Autor, 2019

Para complementar o estudo do microambiente do pavimento técnico, além dos dados obtidos pelo CIIAGRO dos aspectos climáticos, medições foram feitas na parte frontal da máquina 3, responsável pela captação de ar externo que alimenta uma das salas de cirurgia e que está localizada próxima de duas aberturas, conforme já citado neste trabalho.

**Figura 54:** Comparação dos índices de temperatura e precipitação no ambiente externo ao EAS 3

Fonte: Autor, 2019

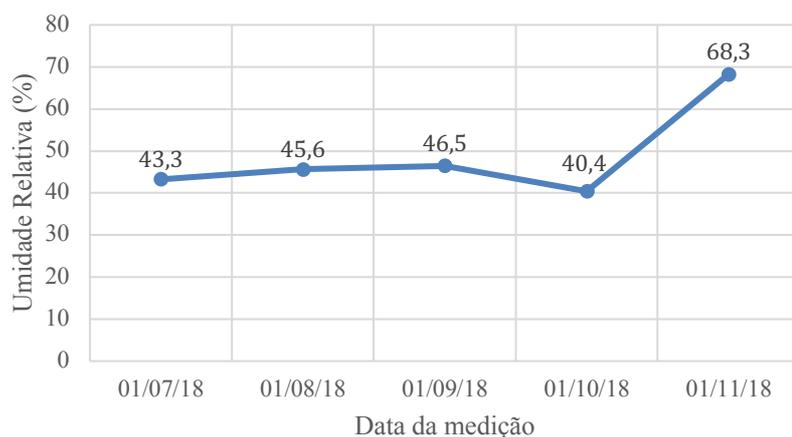
As medições realizadas foram as de umidade relativa (%) e temperatura (°C) e foram importantes para comprovar que o comportamento climático externo influencia diretamente na

característica do ambiente interno do pavimento técnico. Estas medições foram realizadas nos cinco últimos meses de acompanhamento técnico, ou seja, de julho de 2018 à novembro do mesmo ano.

Com relação à umidade relativa, foi observado que os números se mantêm constantes nos meses em que houve menos precipitação pluvial, oscilando na casa dos 40 %, de acordo com os dados do CIIAGRO, aumentando significativamente para 68,3 % em novembro de 2018 quando na cidade houve períodos de muita chuva (Figura 55).

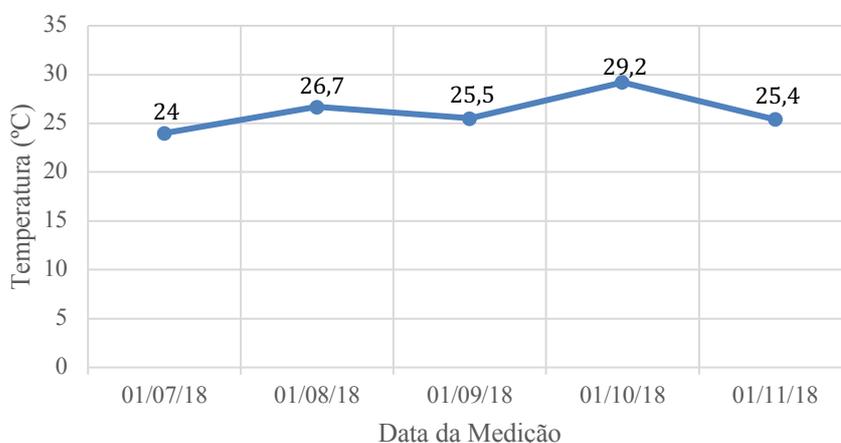
A temperatura também foi medida na parte frontal da máquina 3 nos mesmos meses em que a umidade relativa foi aferida, e apresenta um comportamento um pouco diferente. No mês de julho de 2018, 24 °C; agosto, 26,7 °C; setembro, 25,5 °C; outubro, 29,2 °C e novembro, 25,4 °C; com uma temperatura média de 26,16 °C, conforme Figura 56.

**Figura 55:** Aferição da umidade relativa na parte frontal da máquina 3



Fonte: Autor, 2019

**Figura 56:** Aferição da temperatura na parte frontal da máquina 3



Fonte: Autor, 2019

Os índices de umidade relativa e temperatura medidos mostram claramente que pelo menos no local onde foram aferidas existe um ambiente ideal para a proliferação de fungos e bactérias, ou seja, temperatura média de 26,16°C e umidade relativa acima dos 40% e esta situação pode afetar o desempenho dos filtros do sistema de condicionamento de ar central do EAS 3. Estes dados são importantes para que seja possível entender a relação entre o comportamento climático na região e a forma com que interferem na sujidade dos filtros. É possível verificar que em todas as máquinas analisadas, os filtros geralmente ficaram menos sujos nos períodos de maior ocorrência de chuvas, ou seja, entre outubro de 2017 e fevereiro de 2018, conforme Tabela 14.

**Tabela 14:** Relação das manutenções e filtros substituídos no período de um ano

	1º manutenção 01-11-17	2º manutenção 04-12-17	3º manutenção 05-01-18	4º manutenção 06-02-18	5º manutenção 02-03-18	6º manutenção 09-04-18	
MAQUINA 1							
MAQUINA 2							
MAQUINA 3							
MAQUINA 4							
	7º manutenção 07-05-18	8º manutenção 04-06-18	9º manutenção 03-07-18	10º manutenção 01-08-18	11º manutenção 03-09-18	12º manutenção 01-10-18	13º manutenção 01-11-18
MAQUINA 1							
MAQUINA 2							
MAQUINA 3							
MAQUINA 4							

Fonte: Autor, 2019

## 5.5 MICROBIOLOGIA

Tendo em vista que o pavimento técnico oferece meios favoráveis para a ampla proliferação de microrganismos, foram realizadas coletas de amostras na parte frontal dos filtros a serem substituídos na máquina 3, dos tipos G4 e F8 para verificar a eficiência de filtração com relação à presença de fungos e bactérias, durante os últimos seis meses de acompanhamento das manutenções, ou seja, de junho de 2018 a novembro do mesmo ano. O filtro F8 teve sua manutenção apenas no mês de setembro de 2018, quando houve a coleta de amostra nas partes frontal e posterior dos filtros G4 e F8 (Figuras 57 e 58).

As amostras foram levadas ao laboratório de Biotecnologia da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP) onde foram preparadas para o crescimento em meios específicos. A identificação dos fungos foi realizada no laboratório de biotecnologia da Universidade Paulista (UNIP), na cidade de Ribeirão Preto – SP, e a das bactérias no Laboratório de Biotecnologia da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

**Figura 57:** Coleta de amostra no filtro F8 -  
Parte posterior



Fonte: Autor, 2019

**Figura 58:** Coleta de amostra no filtro G4 – Parte frontal

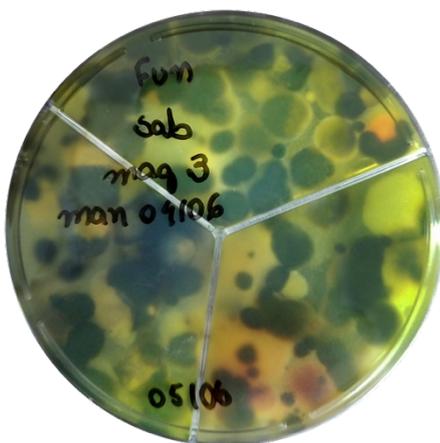


Fonte: Autor, 2019

### 5.5.1 Fungos

Nos meses de junho, julho, agosto, outubro e novembro de 2018, as amostras foram coletadas na parte frontal do filtro G4 e foram encontradas uma grande variedade de tipos, conforme as Figuras 59, 60, 61, 62 e 63.

**Figura 59:** Amostra junho 2018



Fonte: Autor, 2019

**Figura 60:** Amostra julho 2018



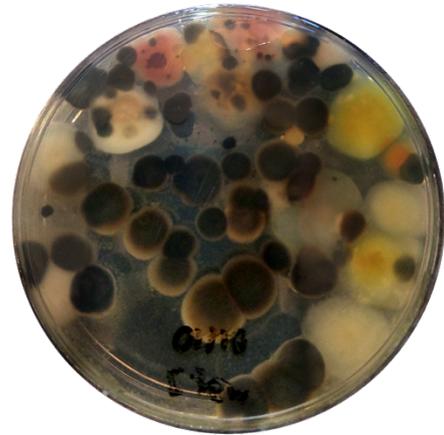
Fonte: Autor, 2019

**Figura 61:** Amostra agosto 2018



Fonte: Autor, 2019

**Figura 62:** Amostra outubro 2018



Fonte: Autor, 2019

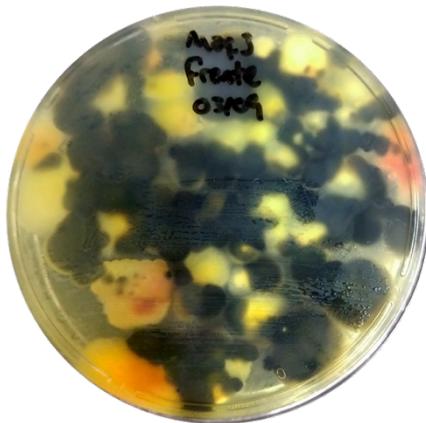
**Figura 63:** Amostra novembro 2018



Fonte: Autor, 2019

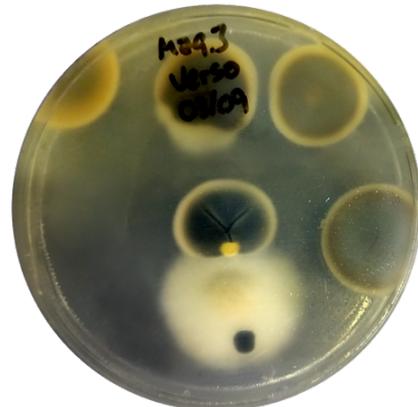
Notou-se que no filtro G4, tanto frente como verso estavam contaminados com fungos, como pode ser visto nas Figuras 64 e 65, com menor presença na parte posterior. É de se esperar que alguns microrganismos não sejam totalmente barrados por este filtro devido à sua especificação técnica e modelo de fibras, mas que a sua quantidade seja menor do que os presentes na parte frontal, como foi constatado. Isso significa que o filtro cumpre com sua função.

**Figura 64:** Amostra frente G4 - Setembro 2018



Fonte: Autor, 2019

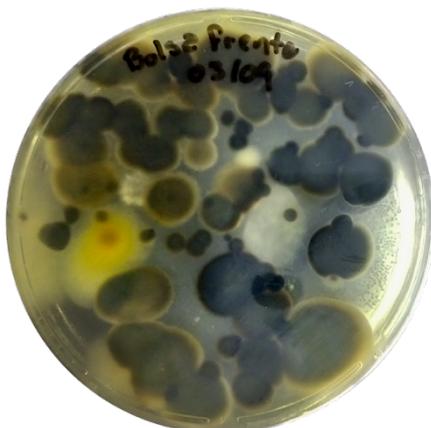
**Figura 65:** Amostra verso G4 - Setembro 2018



Fonte: Autor, 2019

No filtro F8, com característica de fibras mais finas e que por isso deve barrar a passagem destes microrganismos, a situação encontrada foi de que na parte frontal, que recebe o ar previamente filtrado no filtro G4, apresentou ainda colônias de fungos e na parte posterior em grande variedade, o que pode ser explicado pela possível contaminação dos dutos do sistema de refrigeração. Na parte posterior, não houve crescimento de colônias, o que denota um ótimo funcionamento do filtro (Figuras 66 e 67).

**Figura 66:** Amostra frente Bolsa - Setembro 2018



Fonte: Autor, 2019

**Figura 67:** Amostra verso Bolsa - Setembro 2018



Fonte: Autor, 2019

Outra característica importante notada através das análises microbiológicas foi que a quantidade de colônias presentes no filtro G4 e frente do filtro F8, não variou muito de um mês para o outro, mesmo que na cidade onde as coletas foram realizadas houve um período de seca entre os meses de junho e outubro de 2018. Isso se dá ao fato de que o ambiente interno do pavimento técnico cria um meio com temperatura e umidade quase que constantes, favorecendo a proliferação das colônias.

A identificação dos fungos comprova a grande variedade de famílias presentes nos filtros. É notório que os filtros apresentem esta variedade de colônias e que seguramente elas seriam encontradas nas suas fibras, mas é importante lembrar que o microambiente do pavimento técnico colabora para esta variedade e proliferação das colônias e principalmente, que podem se espalhar pelos demais pavimentos do EAS através da contaminação dos funcionários terceirizados da manutenção que transitam uma vez por mês em todos os andares, espalhando os esporos e oferecendo riscos de infecções hospitalares sérias, principalmente devido aos tipos de fungos encontrados. O Quadro 6 traz todos os fungos encontrados durante as análises e suas patologias associadas.

De acordo com o relatório do laboratório de microbiologia da Universidade Paulista, campus Ribeirão Preto, é importante grifar que a ocorrência dos fungos escuros (demáceos) foi muito superior aos demais grupos e por isso merece o destaque de que as patologias causadas (principalmente cromomicose, feohifomicose, micetoma), dependem da inoculação traumática de esporos e/ou fragmentos de hifas desses fungos na região subcutânea dos indivíduos afetados. Com relação aos outros grupos encontrados, a frequência do termo "oportunista" também é grande. Isso se deve à característica inerente de quase todos os fungos; mesmo aquelas espécies que possuem alguma característica que lhes facilite causar doença (chamados de fator de virulência), quando se instalam em indivíduos organicamente debilitados, quase sempre produzem quadros graves de infecção.

É creditada uma capacidade patogênica maior aos fungos chamados dimórficos, dos quais neste trabalho não foram isolados (incluindo *Paracoccidioides brasiliensis*, *Blastomyces dermatitidis*, *Sporothrix schenckii*, *Histoplasma capsulatum*, *Coccidioides immitis*). Os gêneros sucedidos pelas letras "sp", significam que, para aquele isolado, não foi possível identificação em nível de espécie.

**Quadro 6:** Identificação de todos os fungos encontrados no filtro G4 da máquina 3 em todo o período de análise das manutenções preventivas no EAS 3 e suas patologias associadas

Identificação	Patologias associadas	Tipo
<i>Acremonium recifei</i>	Micetomas Verdadeiros	Subcutânea
<i>Acremonium sp</i>	Sapróbio vegetal/Oportunista	Oportunista
<i>Alternaria alternata</i>	Sápróbio vegetal/Micoalergias	Hipersensibilidade
<i>Alternaria sp</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Aspergillus flavus</i>	Micotoxicoses/Oportunista	Toxicoses/Oportunismo
	Toxígeno/Oportunista	Micotoxicoses/Oportunista
<i>Aspergillus nidulans</i>	Oportunista/Toxígeno	Toxicoses/Oportunismo
<i>Aspergillus niger</i>	Toxígeno/Oportunista	Micotoxicoses/Oportunista
	Oportunista/Toxígeno	Toxicoses/Oportunismo
	Oportunista/Toxígeno	Toxicoses/Oportunismo
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Fitopatógenos/Toxicoses	Toxicoses/Oportunismo
<i>Aspergillus sp</i>	Oportunista/Toxígeno	Toxicoses/Oportunismo
<i>Aspergillus terreus</i>	Oportunista/Toxígeno	Toxicoses/Oportunismo
<i>Aureobasidium pullulans</i>	Oportunista	Oportunismo
<i>Beauveria bassiana</i>	Sapróbios de solo	Sapróbios
<i>Bipolaris incurvata</i>	Sápróbio vegetal/Micoalergias	Hipersensibilidade
<i>Bipolaris oryzae</i>	Micoalergias	Hipersensibilidade
<i>Bipolaris sp</i>	Sápróbio vegetal/Micoalergias	Hipersensibilidade
<i>Candida sp</i>	Oportunista	Oportunista por excelência
<i>Chrysosporium sp</i>	Sapróbios de solo	Sapróbios
<i>Cladophialophora sp</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Cladosporium bantianum</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Cladosporium carrioni</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Cladosporium sp</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Curvularia lunata</i>	Sápróbio vegetal/Micoalergias	Hipersensibilidade
<i>Demáceo</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Drechslera sorokiniana</i>	Sápróbio vegetal/Micoalergias	Hipersensibilidade
<i>Epidermophyton floccosum</i>	Dermatofitose	Cutânea
<i>Exophiala</i>	Cromomicose/Dermatomicos	Subcutânea
<i>Exophiala dermatitidis</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Exophiala marmoi</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Exophiala spinifera</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Exserohilum rostratum</i>	Sápróbio vegetal/Micoalergias	Hipersensibilidade
<i>Exserohilum rostratum</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea

Continua

**Quadro 6:** Identificação de todos os fungos encontrados no filtro G4 da máquina 3 em todo o período de análise das manutenções preventivas no EAS 3 e suas patologias associadas (Continuação)

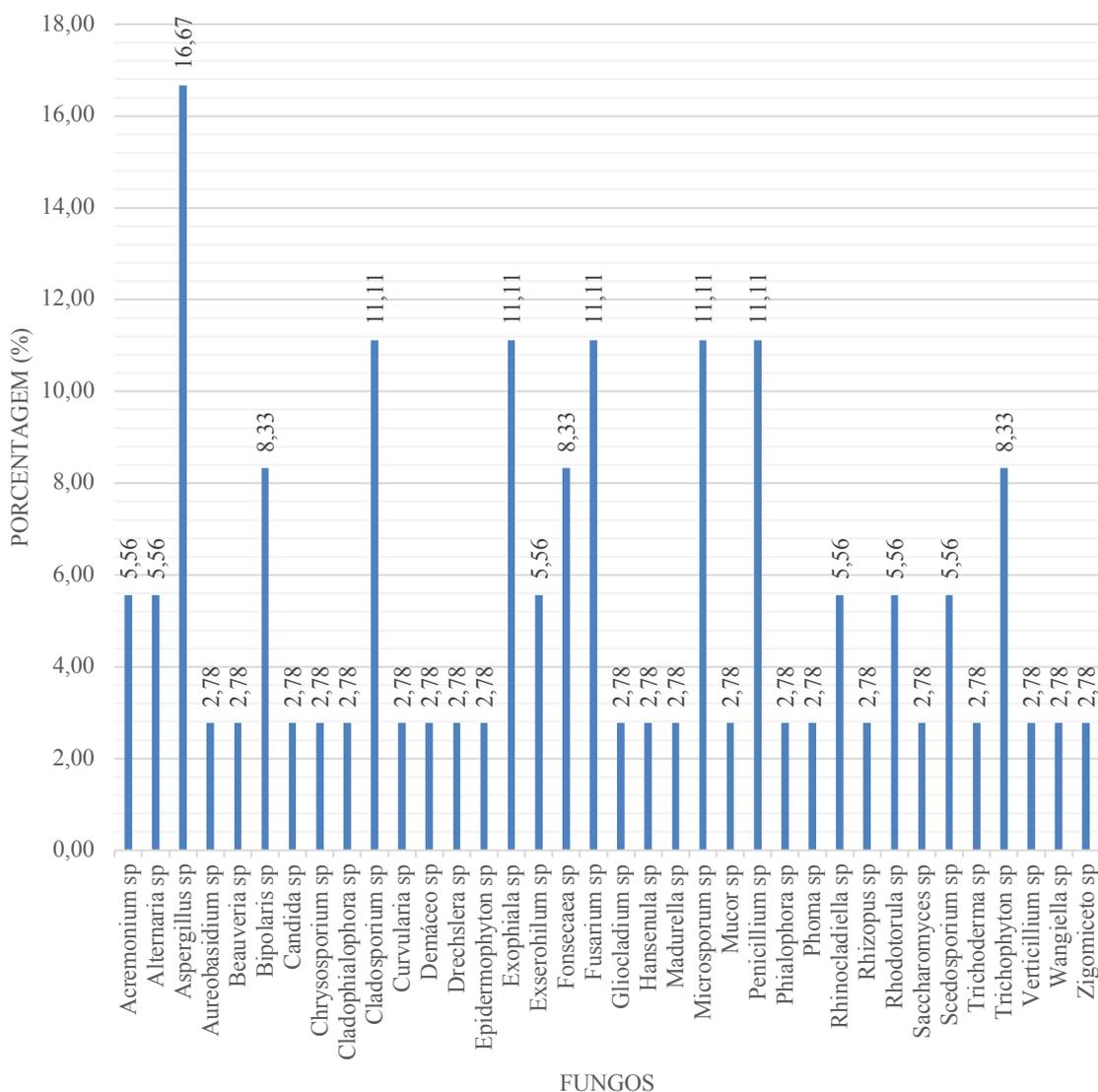
Identificação	Patologias associadas	Tipo
<i>Fonsecaea compacta</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Fonsecaea monophora</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Fonsecaea pedrosoi</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Fonsecaea sp</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Fonsecaea sp</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Fusarium moniliforme</i>	Oportunista/Toxígeno	Toxicoses/Oportunismo
<i>Fusarium oxysporum</i>	Fitopatógenos/Toxicoses	Fitopatógenos/Micotoxicose
<i>Fusarium solani</i>	Oportunista/Toxígeno	Toxicoses/Oportunismo
<i>Fusarium sp</i>	Oportunista/Toxígeno	Toxicoses/Oportunismo
<i>Gliocladium catenulatum</i>	Oportunista/Toxígeno	Toxicoses/Oportunismo
<i>Hansenula anomala</i>	Oportunista	Oportunista
<i>Madurella micetomatis</i>	Micetomas Verdadeiros	Subcutânea
<i>Microsporum canis</i>	Dermatofitose	Cutânea
<i>Microsporum gypseum</i>	Dermatofitose	Cutânea
<i>Microsporum nanum</i>	Dermatofitoses	Cutânea
<i>Microsporum sp</i>	Dermatofitoses	Cutânea
<i>Mucor rouxii</i>	Sápróbios	Oportunista por excelência
<i>Penicillium digitatum</i>	Oportunista/Toxígeno Fitopatógenos	Toxicoses/Oportunismo Fitopatógenos/Micotoxicose
<i>Penicillium glaucum</i>	Oportunista/Toxígeno	Toxicoses/Oportunismo
<i>Penicillium sp</i>	Oportunista/Toxígeno Fitopatógenos/Toxicoses	Toxicoses/Oportunismo Toxicoses/Oportunismo
<i>Penicillium viridans</i>	Oportunista/Toxígeno	Toxicoses/Oportunismo
	Fitopatógenos	Micotoxicoses
<i>Phialophora sp</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Phoma sp</i>	Sápróbio vegetal/Micoalergias	Hipersensibilidade
<i>Rhinochrysiella aquaspersa</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Rhinochrysiella sp</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Rhizopus sp</i>	Sápróbios	Oportunista por excelência
<i>Rhodotorula glutinis</i>	Uso industrial	Patogenicidade rara
<i>Rhodotorula rubra</i>	Oportunista	Oportunista
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Uso industrial	Patogenicidade rara
<i>Scedosporium apiospermum</i>	Micetomas Verdadeiros	Subcutânea
<i>Scedosporium sp</i>	Micetomas	Subcutânea
<i>Trichoderma reesei</i>	Fitopatógenos/Micotoxicoses	Toxicoses
<i>Trichophyton mentagrophytes</i>	Dermatofitoses	Cutânea
<i>Trichophyton rubrum</i>	Dermatofitoses	Cutânea
<i>Trichophyton sp</i>	Dermatofitoses	Cutânea
<i>Verticillium dahliae</i>	Oportunista/Toxígeno	Toxicoses/Oportunista
<i>Wangiella sp</i>	Cromomicose/Feohifomicose	Subcutânea
<i>Zigomiceto</i>	Sápróbios	Oportunista por excelência

Fonte: Autor, 2019

A maior preocupação com os fungos encontrados é com o *Aspergillus*, que afeta o sistema respiratório, com crescimento rápido e progressivo no corpo humano, podendo chegar a destruir o tecido pulmonar e nos pacientes imunodeprimidos, pode se propagar na corrente sanguínea e afetar o cérebro e rins. Outros podem causar diferentes tipos de doenças em humanos, como o *Cladosporium* que pode ser associado à pneumonite de hipersensibilidade, bola fúngica pulmonar, obstruções dos brônquios e lesões intrabronquicas. *Exophiala* pode causar doenças fúngicas de pele e infecções corneanas micóticas; o *Fonsecaea* pode causar a cromoblastomicose, que é uma infecção fúngica de longa duração na pele.

Os fungos mais encontrados nas coletas podem ser analisados na Figura 68.

**Figura 68:** Porcentagem de fungos encontrados nos filtros G4 e F8 da máquina 3 durante todo o período de acompanhamento das manutenções no EAS 3



Fonte: Autor, 2019

### 5.5.2 Bactérias

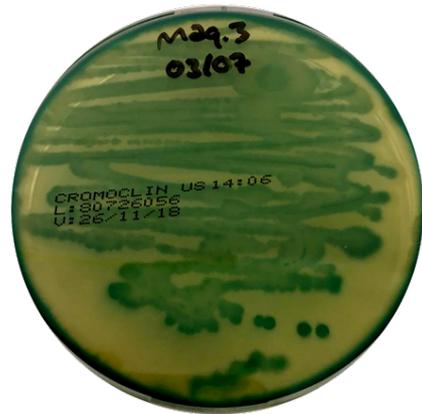
Nos meses de julho, agosto, outubro e novembro de 2018, as amostras foram coletadas na parte frontal do filtro G4, como para os fungos. O mês de junho foi desconsiderado por haver contaminação das amostras no transporte até o laboratório. As amostras de cada mês (Figuras 69, 70, 71, 72 e 73) permitiram o isolamento das colônias em meio cromogênico e posterior identificação.

**Figura 69:** Amostra junho 2018



Fonte: Autor, 2019

**Figura 70:** Amostra julho 2018



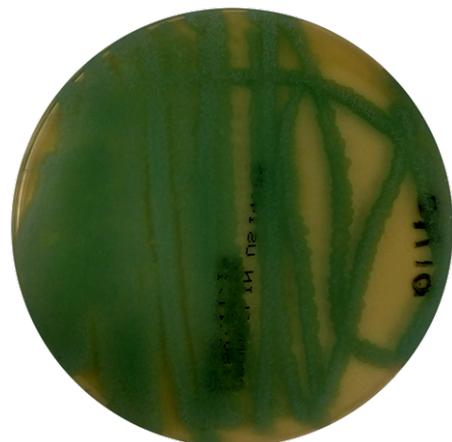
Fonte: Autor, 2019

**Figura 71:** Amostra agosto 2018



Fonte: Autor, 2019

**Figura 72:** Amostra outubro 2018



Fonte: Autor, 2019

**Figura 73:** Amostra novembro 2018



Fonte: Autor, 2019

No mês de setembro, como já citado, as coletas foram feitas nos filtros G4 e F8 frente e verso. No filtro bolsa o resultado foi similar ao obtido nos fungos. A parte posterior não apresentou crescimento de colônias. Estas aparecem apenas na parte frontal e nos dois lados do filtro G4, de acordo com as Figuras 74 e 75.

**Figura 74:** Amostra filtro G4 – set/18



Fonte: Autor, 2019

**Figura 75:** Amostra filtro F8 – set/18

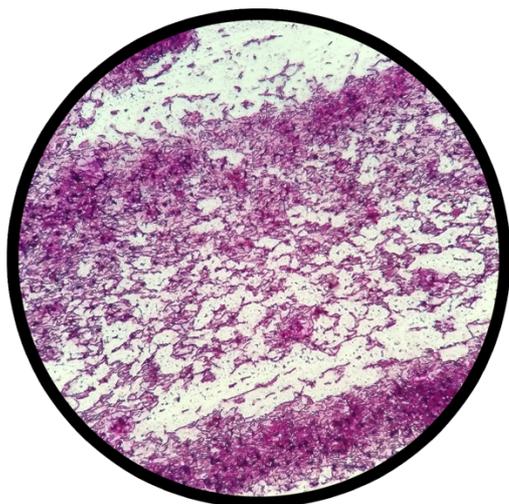


Fonte: Autor, 2019

O crescimento de colônias de bactérias no filtro G4 e frente do filtro F8, não variou muito de um mês para o outro, mesmo que na cidade onde as coletas foram realizadas houve um período de seca entre os meses de junho e outubro de 2018, o que comprova que o comportamento climático no interior do pavimento técnico o torna uma “estufa”, que se isola do ambiente externo e oferece temperatura e umidade relativa constantes, favorecendo a proliferação das colônias.

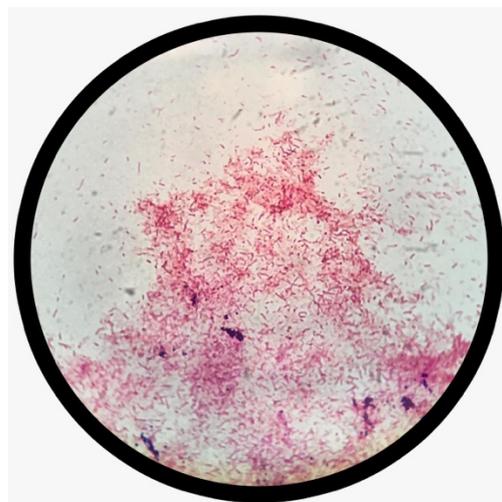
A identificação das bactérias mostrou uma variedade de famílias presentes nos filtros. Em todos os meses analisados houve conformação de Cocus e Bacilos e os gêneros das bactérias presentes foram *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Bacillus* e *KESC*, conforme Figuras 76, 77, 78, 79 e 80, que mostram imagens microscópicas das coletas realizadas nas manutenções preventivas no EAS 3.

**Figura 76:** Coloração de Gram (negativo) - *Streptococcus*



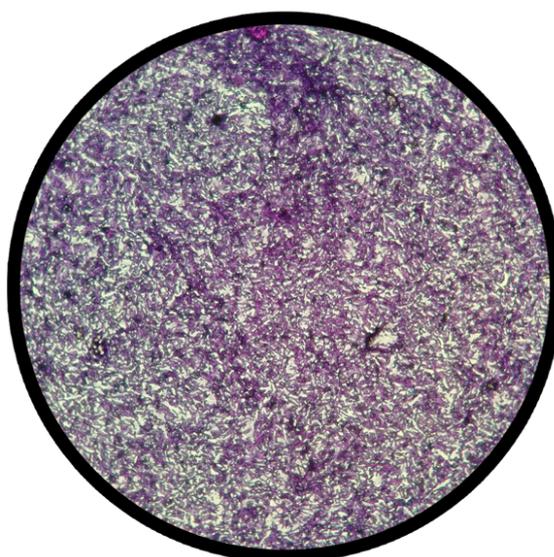
Fonte: Autor, 2019

**Figura 77:** Coloração de Gram (negativo) - *Streptococcus*



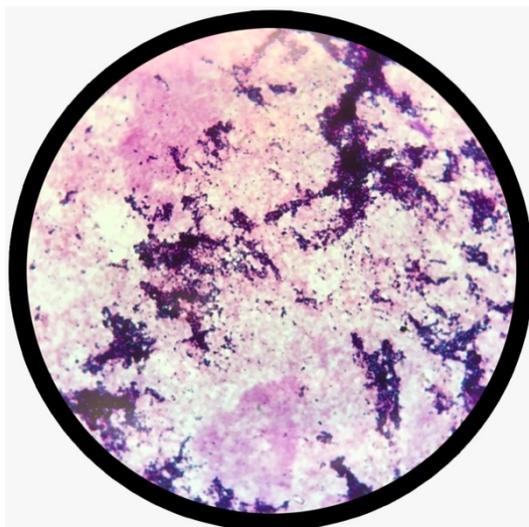
Fonte: Autor, 2019

**Figura 78:** Coloração de Gram (positivo) - *Staphylococcus*



Fonte: Autor, 2019

**Figura 79:** Cocus encontrados no filtro G4



Fonte: Autor, 2019

**Figura 80:** Bacilos encontrados no filtro G4

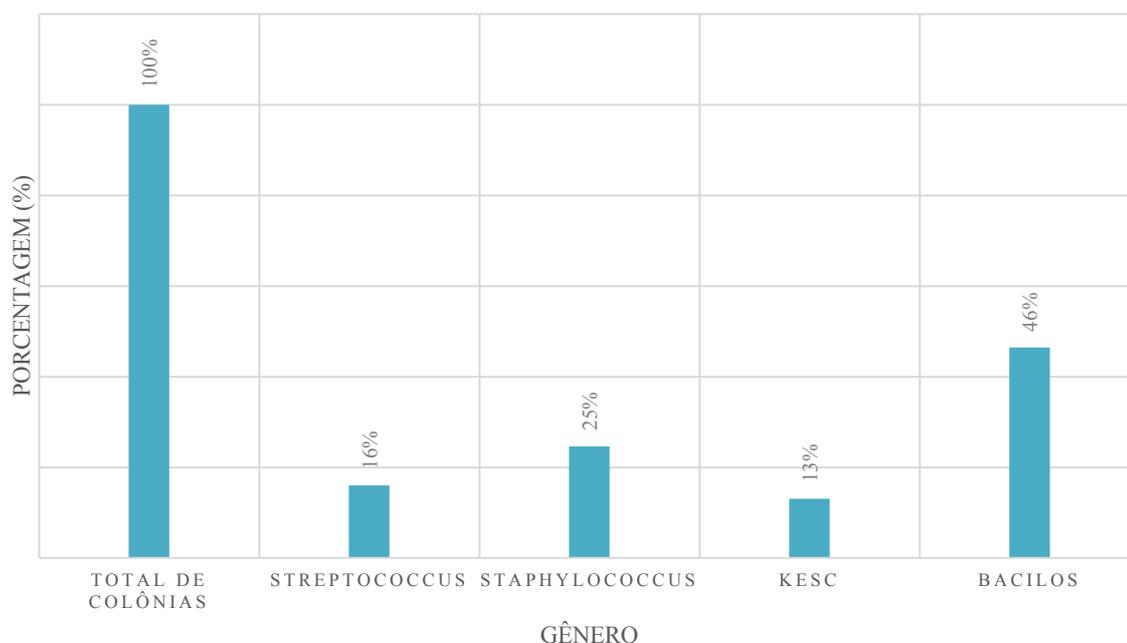


Fonte: Autor, 2019

Os *Streptococcus* podem causar, dependendo da espécie, infecções no sistema respiratório, faringite, escarlatina, infecções de pele, erisipela (no caso da espécie *Streptococcus pyogenes*); *Streptococcus agalactiae* pode ser a causa de doenças como sepse, pneumonia, endocardite e meningite, principalmente em bebês, com a contaminação do líquido amniótico. Os *Staphylococcus* também trazem prejuízos à saúde humana através da coagulação sanguínea, abscessos, supurações e até septicemia que é mais comum em recém nascidos e idosos por terem seu sistema imunológico mais frágil. Os *Bacillus* podem provocar vômitos e diarreia de forma geral. As *KESC* (*Klebsiella-Enterobacter-Serratia-Citrobacter*) podem causar

pneumonia por *Klebsiella*, problemas urinários, infecções nosocomiais, otite média e sepse neonatal. Do total de colônias encontradas, 46% foram Bacilos; 25% *Staphylococcus*; 16% *Streptococcus* e 13% KESC, conforme Figura 81.

**Figura 81:** Relação do total de bactérias encontradas nos filtros G4 e F8 da máquina 3, no EAS 3



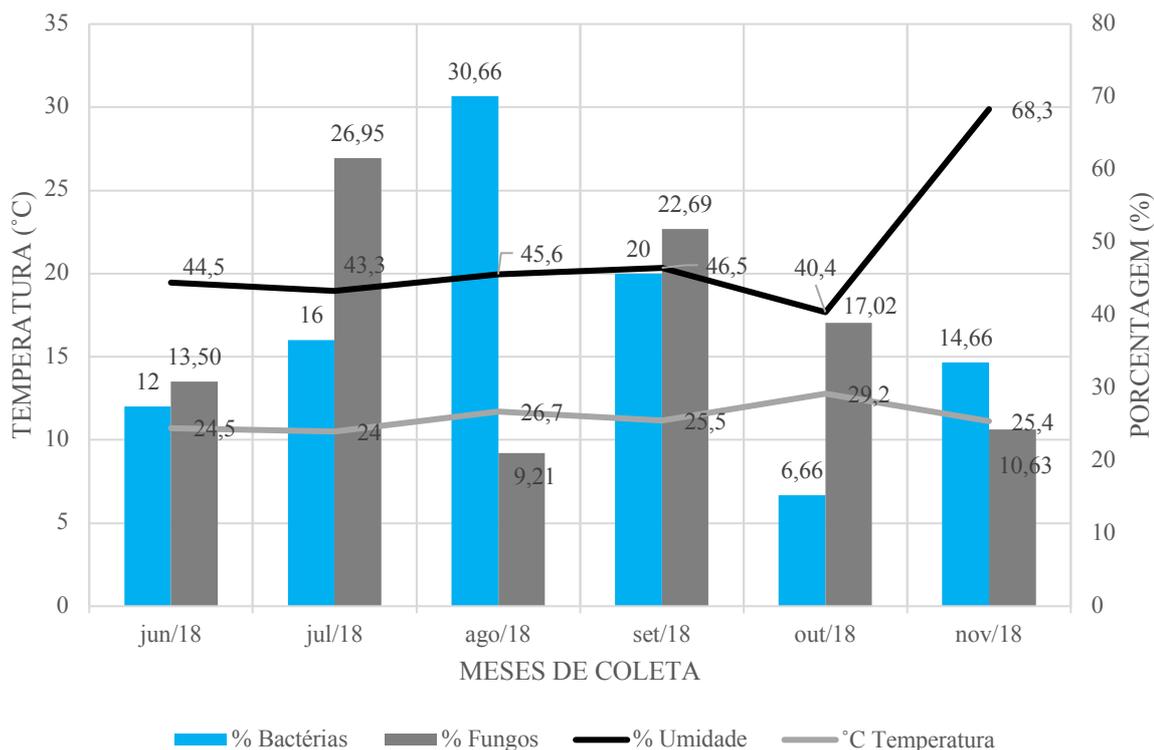
Fonte: Autor, 2019

Comparando os dados de número de colônias de fungos e bactérias com a umidade relativa e temperatura do pavimento técnico no dia do acompanhamento das manutenções dos aparelhos de ar condicionado no EAS 3, pode-se observar um comportamento que é notório relacionado ao crescimento das espécies.

A temperatura medida como já citado, tem comportamento constante de modo geral, mostrando o isolamento térmico no interior do pavimento, devido à manta térmica instalada logo abaixo das telhas e a umidade tem valores variáveis, diretamente relacionados aos índices pluviométricos da cidade, sendo que, quanto mais chuva, maior umidade relativa em todo o entorno da construção, o que interfere no interior do pavimento técnico. Portanto, ao se cruzar as informações na Figura 82, pode-se entender que, como a temperatura é de certa forma constante, o crescimento dos fungos e bactérias depende basicamente dos níveis de umidade relativa, sendo que, quanto maior, mais colônias proliferam, provando a importância de se controlar temperatura e umidade relativa no interior do pavimento técnico.

Os funcionários, por não aplicarem protocolos de boas práticas salubres de trabalho e protocolos de atividades, podem contaminar todo o EAS através das andanças pelos corredores no decorrer da execução de seus trabalhos e também, por não usarem EPI podem ser contaminados, colocando em risco a própria saúde, dos colegas de trabalho, familiares e etc.

**Figura 82:** Aspectos climáticos na parte frontal da máquina 3 e presença de colônias de fungos e bactérias



Fonte: Autor, 2019

O EAS estudado cumpre com a legislação de refrigeração de ar e ainda assim apresenta toda a gama de problemas, perigos e riscos à saúde da população hospitalar e que certamente devem ser solucionados. A grande questão que se impõe nesta discussão são os hospitais que não cumprem com a legislação e que são espaços de contaminação e proliferação de doenças ao invés de serem locais de cuidados à saúde humana. Um paradoxo interessante entre tecnologias avançadas de filtração de ar, maquinário de refrigeração e técnicas construtivas contemporâneas, porém, ambientes internos com padrão de qualidade do ar medievais.

## **6 PROGRAMAS DE PROJETO E DE MANUTENÇÃO**

### **6.1 PROGRAMA DE PROJETO ARQUITETÔNICO PARA PAVIMENTO TÉCNICO**

Os resultados obtidos neste trabalho orientaram a divisão desta etapa de projeto em duas partes, uma corretiva e outra preventiva. A primeira tem o objetivo de propor melhorias para o EAS 3 visitado e a segunda propõe um modelo de planta com divisões de ambientes que podem permitir a minimização da proliferação de colônias de fungos e bactérias nos sistemas de refrigeração de ar central para centros cirúrgicos hospitalares.

O nome “programa” foi escolhido para as definições de projeto pois é o termo usado na área de arquitetura e urbanismo para o conjunto de necessidades funcionais, definido pela NBR 13.532/1995, como uma das etapas de um projeto arquitetônico – Programa de Necessidades de Arquitetura (sigla determinada pela norma: PN-ARQ), descrita conforme segue:

Informações técnicas a serem produzidas: as necessárias à concepção arquitetônica da edificação (ambiente construído ou artificial) e aos serviços de obra, como nome, número e dimensões (gabaritos, áreas úteis e construídas) dos ambientes, com distinção entre os ambientes a construir, a ampliar, a reduzir e a recuperar, características, exigências, número, idade e permanência dos usuários, em cada ambiente; características funcionais ou das atividades em cada ambiente (ocupação, capacidade, movimentos, fluxos e períodos); características, dimensões e serviços dos equipamentos e mobiliário; exigências ambientais, níveis de desempenho; instalações especiais (elétricas, mecânicas, hidráulicas e sanitárias). (ABNT, NBR 13532, pg. 5, 1995).

#### **6.1.1 PN-ARQ Corretivo**

O PN-ARQ Corretivo foi dividido em 6 partes (piso, paredes e colunas, aberturas, teto ou forro, iluminação, depósito e almoxarifado) para facilitar a compreensão das medidas corretivas sugeridas para o EAS 3 que visam minimizar a proliferação de fungos e bactérias nos filtros das máquinas e melhorar a ventilação natural dentro do pavimento técnico. As propostas seguem os parâmetros das leis e normas vigentes brasileiras e os resultados obtidos nos acompanhamentos das manutenções no EAS 3 no período de 1 ano.

- Paredes e colunas: Aplicar revestimento cerâmico ou porcelanato em meia parede (sugestão de 1,5 m do piso acabado), e pintura lavável na parte superior (a partir de 1,5 m até o teto), ou aplicar revestimento cerâmico ou porcelanato em toda a extensão das paredes (piso-teto). Usar juntas de dilatação de 1,5 mm. A cor sugerida é a branca para ajudar na iluminação do ambiente. A limpeza dos revestimentos e pintura lavável deve seguir as orientações dos fabricantes. Não devem ser usados materiais porosos.
- Aberturas: A área de aberturas para o ambiente externo deve cumprir com o exigido no Código de Obras do município em que o EAS 3 está implantado. Na referida lei, a área de aberturas deve ser 1/6 da área do ambiente. O pavimento técnico do EAS 3 tem aproximadamente 500 m<sup>2</sup> de área, portanto deve haver uma área de janelas de 84 m<sup>2</sup>. Considerando as existentes, que contabilizam 11 m<sup>2</sup>, o EAS 3 deveria ampliar suas aberturas no pavimento técnico em 73 m<sup>2</sup> prevendo ventilação cruzada. Telas de proteção podem ser instaladas na parte externa das janelas para evitar a entrada de animais peçonhentos e insetos. As esquadrias novas devem ser de material que não libere toxinas no ambiente, assim como a sua pintura (se for o caso).
- Teto ou forro: Demolir o teto existente e executar nova laje elevando o pé-direito para 2,65 m, que é o mínimo exigido na lei municipal. A nova cobertura deve prever um forro (gesso, laje ou outro material não inflamável sem rugosidades, liso) entre as telhas e a parte interior e isolar termicamente o pavimento da incidência dos raios solares, para evitar o aquecimento do ambiente interno.
- Iluminação: Substituir as luminárias existentes por modelo fechado, pois evitam o acúmulo de partículas de poeira nas lâmpadas (Figura 83). Deve haver um projeto luminotécnico para o pavimento técnico para estabelecer a quantidade correta de LUX para a perfeita iluminação do espaço. Lâmpadas de LED com coloração branca são sugeridas pois tem eficiência energética maior.
- Depósito e almoxarifado: Construir um depósito para materiais de limpeza (DML) para armazenamento dos produtos de limpeza e um almoxarifado (ALMOX) para armazenamento dos filtros novos. As carenagens dos equipamentos *Split* e demais itens devem ser guardados em outro local. O entulho deve ser removido de todo o pavimento técnico.

**Figura 83:** Luminária com fechamento sugerida para o pavimento técnico



Fonte: [www.intral.com.br](http://www.intral.com.br)

As ações necessárias para que o pavimento técnico se torne um local menos ameaçador com relação a proliferação de microrganismos, fazem parte de especificações básicas de projeto arquitetônico e seriam menos onerosas caso tivessem sido pensadas ou especificadas ainda na fase projetual, ou seja, é mais interessante do ponto de vista econômico fazer um maior investimento na fase inicial de um projeto, quando problemas podem ser previstos e consequentemente evitados no pós-ocupação de um determinado edifício. Os investimentos nas adequações posteriores às ocupações se tornam mais onerosos e de certa forma limitados, pois com a construção pronta as soluções passam a ser adaptações e estas nem sempre atendem na sua totalidade o que a legislação exige, conforme Quadro 7.

**Quadro 7:** Relação entre o existente no pavimento técnico do EAS 3 e as sugestões corretivas

Pavimento técnico	Piso	Revestimento	Aberturas	Teto	Iluminação
Existente	Cimentado, rugoso	Inexistente, rugoso	11 m <sup>2</sup> , basculante, sem tela de proteção	pé-direito variável entre 1,5 m e 2,6 m	Sem fechamento, número de luminárias ineficiente para iluminação do ambiente
Sugestões para melhorias	Piso cerâmico PI-5 ou porcelanato	Revestimento cerâmico ou porcelanato piso-teto ou em meia parede, complementação com pintura com tinta lavável	Ampliação da área de aberturas em 73 m <sup>2</sup> , com esquadrias com tela de proteção	Novo teto com pé-direito de 2,65 m, com laje ou forro em material não rugoso	Luminárias com fechamento. Projeto luminotécnico.

Fonte: Autor, 2019

### 6.1.2 PN-ARQ Preventivo

As diretrizes arquitetônicas do pavimento técnico, aqui chamadas de PN-ARQ Preventivo, seguem os parâmetros das leis e normas vigentes brasileiras e os resultados obtidos nos acompanhamentos das manutenções no EAS 3 no período de 1 ano.

- Piso: Piso cerâmico PI-5 ou porcelanato lavável ou porcelanato líquido (Figura 84) em cor clara (branco, bege ou cinza claro), em todo o pavimento técnico. Usar junta de dilatação de 1,5 mm com rejunte plástico para porcelanatos. Nas regiões das máquinas deve ser executada isolamento ou isolação acústica para evitar propagação de som por transferência e/ou vibração. Deve ser executada sapata de 5 cm de altura com acabamento em piso cerâmico PI-5 ou porcelanato, abaixo das máquinas afim de evitar acúmulo de água abaixo dos aparelhos.
- O escoamento da água em dias de manutenção deve ser feito por meio de grelhas com rede de proteção ou ralos (dimensionados de acordo com projeto hidráulico da edificação) com tampas escamoteáveis para evitar entrada de animais peçonhentos (Figura 85). O piso deve ter inclinação suficiente (até 2%) para direcionar a água para as áreas de escoamento, que podem ser localizadas a pelo menos 1 m de distancia das laterais das máquinas.

**Figura 84:** Piso em porcelanato líquido em ambiente hospitalar



Fonte: [www.polipiso.com.br](http://www.polipiso.com.br)

**Figura 85:** Ralo com tampa escamoteável



Fonte: [www.madeben.com.br](http://www.madeben.com.br)

- Paredes: As paredes devem ter acabamento com revestimento cerâmico ou porcelanato em toda a extensão piso-teto, ou até meia parede, na altura de 1,5 m a partir do piso acabado, neste último caso a complementação até o teto deverá ser pintada com tinta lavável (tinta que não libere toxinas no ambiente), todo o revestimento deve ser em cor clara (bege, branco ou cinza claro) e devem receber manutenção/higienização conforme instruções do fabricante. Em hipótese alguma deve ser usado material poroso.

O projeto estrutural do pavimento técnico deve evitar o grande número de colunas de sustentação como é o caso do ambiente no EAS 3, pois o número elevado de colunas dificulta o fluxo de trabalho e também na distribuição dos dutos e das máquinas. No caso do EAS 3, fica evidente que o número excessivo de colunas é resultado de um projeto tardio, que não foi previsto no original. Estes casos devem ser evitados.

- Aberturas: As janelas devem ter área igual ou superior à 1/5 da área total do pavimento técnico, localizadas de forma a permitir a captação dos ventos predominantes no município e devem permitir ventilação cruzada no ambiente, sendo dispostas em paredes opostas, com sistema de abertura basculante ou de correr, com instalação de telas de proteção na parte externa da janela ou integradas na esquadria (Figura 86), para prevenir a entrada de animais peçonhentos e insetos.

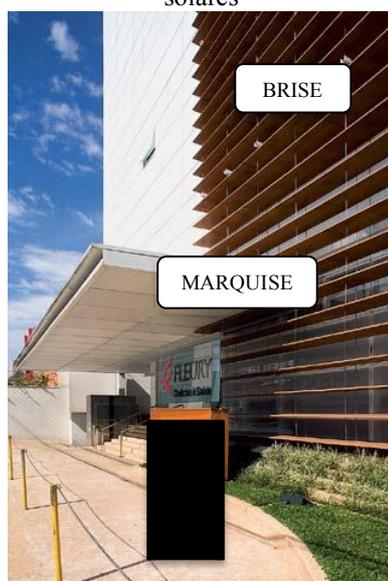
**Figura 86:** Exemplo de uso de tela de proteção instalada na parte externa da esquadria



Fonte: <https://www.clasf.com.br/q/telas-mosquiteiras-portas-janelas/>

Elas devem estar protegidas da incidência direta dos raios solares, podendo ser usados *brises*, marquises, e demais elementos arquitetônicos que ofereçam sombra nas faces das janelas (Figura 87). Todas as esquadrias devem ser pintadas em cores claras com tinta que não libere toxinas nos ambientes. Caso haja proximidade de fontes poluidoras, as janelas devem ser instaladas em outro local de forma a não prejudicar o abastecimento de ar externo no sistema de refrigeração central do EAS.

**Figura 87:** Exemplo de fachada com marquise e *brise* para proteção contra os raios solares



Fonte:

<https://br.pinterest.com/pin/290904457162940144/?lp=true>. Adaptado pelo Autor, 2019.

- **Insolação:** As fachadas do pavimento técnico devem ser protegidas dos raios solares do período da tarde com orientação oeste, para evitar o aquecimento excessivo do ambiente interno. O pavimento técnico deve estar localizado a pelo menos 15 m de altura em relação ao nível mais alto da cota do terreno para a garantia de captação de ar externo sem influências de agentes poluidores.
- **Teto:** O teto deve ser em laje ou em forro com superfície lisa e antichamas com pé-direito mínimo de 2,85 m, para evitar o aquecimento do ambiente interno e garantir uma boa ventilação natural.
- **Iluminação:** Usar luminárias para lâmpadas de LED brancas com fechamento transparente, de sobrepor ou embutidas em forro de gesso (Figura 83). Prever projeto com cálculo de luminância para a garantia de uma boa iluminação no pavimento técnico. Os interruptores e tomadas devem ser devidamente fechados sem ter caixas abertas. O fechamento deve ser hermético (Figura 88).

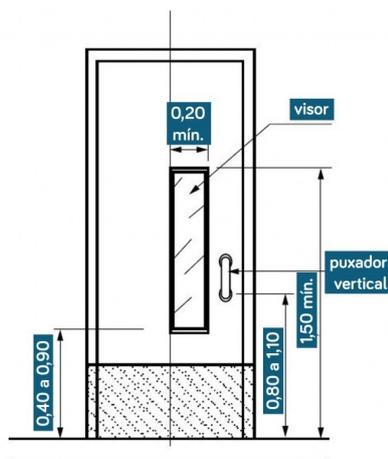
**Figura 88:** Exemplo de acabamento para interruptores e tomadas



Fonte: [www.legrand.com.br](http://www.legrand.com.br)

- **Portas:** As portas internas devem ser em alumínio ou PVC sem venezianas, maçaneta em “L” e proteção de borracha na base que barra a entrada de animais peçonhentos. As portas externas e de acesso ao pavimento técnico deverão ser em alumínio ou PVC lisas, sem pintura e com proteção de borracha na base que barra a entrada de animais peçonhentos. Devem ter faixa com vidro para visualização interna/externa e maçanetas em “L”, seguindo orientação da NBR 9050/2015 (Figura 89).

**Figura 89:** Modelo de porta com faixa de vidro para acesso ao pavimento técnico



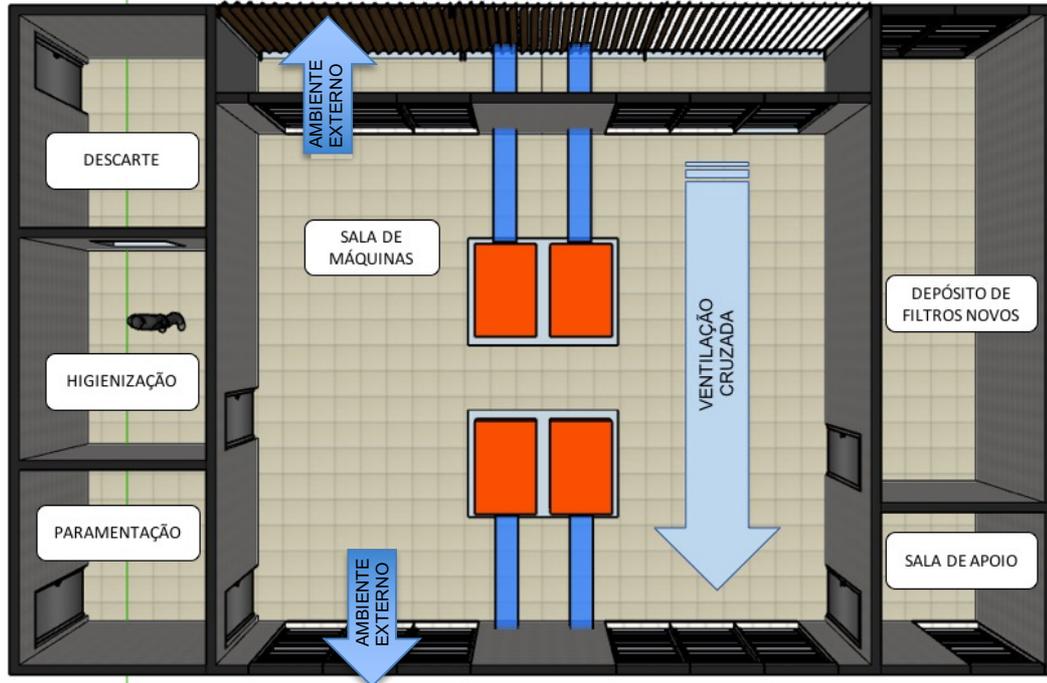
Fonte: <https://deskgram.net/explore/tags/quintaaccess%C3%ADvel>

Proposta de *layout*: Este trabalho não visa fixar um modelo de planta que deve ser seguido por arquitetos e/ou engenheiros civis. O objetivo desta proposta de *layout* é o de exemplificar como o pavimento técnico pode ser organizado de maneira que a contaminação cruzada através do fluxo de funcionários de manutenção seja minimizada e que as atividades de lavagem, troca de filtros e descarte de material aconteçam separadamente.

De acordo com o observado nas manutenções preventivas e na análise formal da arquitetura do pavimento técnico do EAS 3 e sobre o funcionamento de todo o sistema de refrigeração, a planta-exemplo aqui apresentada traz novos ambientes que complementam o pavimento técnico, sendo:

- Sala de máquinas: local onde os *fancoils* podem ser locados (Figura 90). A sala tem espaço suficiente para que os funcionários possam caminhar sem perigo de esbarrar em algum elemento do sistema de refrigeração central e dar manutenção de forma confortável. As máquinas continuam locadas sobre uma sapata de 5 cm de altura. As janelas cobrem 1/5 da área de todo o pavimento técnico e os dutos das máquinas captam o ar externo na parte de fora do edifício, com um filtro na parte externa do tipo G1.

Figura 90: Exemplo proposto para planta de pavimento técnico de um EAS

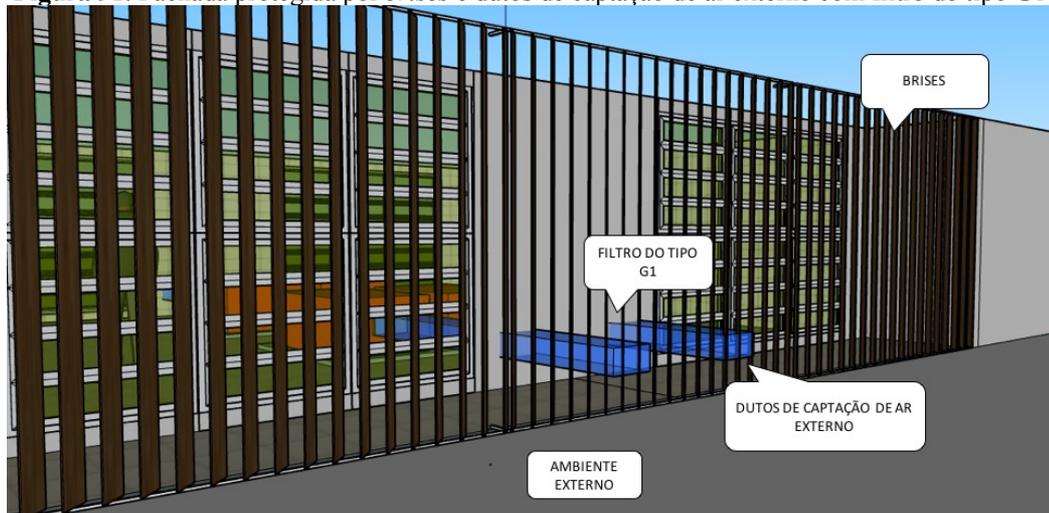


Fonte: Autor, 2019

Na parte externa do edifício, são dados dois exemplos, o primeiro com os dutos alcançando a área externa de forma direta, e a segunda, protegidos por um sistema de *brises* que fazem sombra nas janelas do pavimento (Figuras 91 e 92). Cabe ao autor do projeto escolher, não somente como nos exemplos dados, mas entre outras possíveis soluções, maneiras de fazer com que os dutos estejam em contato direto com a área externa do edifício, não os deixando captar ar externo dentro do pavimento técnico. As janelas são dispostas em paredes opostas para garantir que haja ventilação cruzada no pavimento.

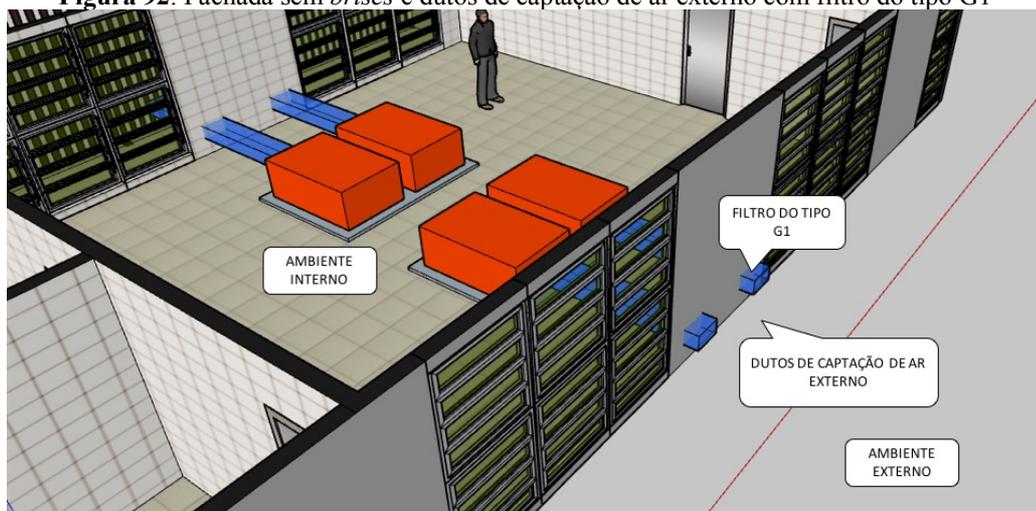
É importante salientar que haja um acesso independente ao pavimento técnico para a entrada e saída de funcionários de manutenção, evitando que estes tenham que acessar o pavimento técnico pelo interior do hospital.

**Figura 91:** Fachada protegida por *brises* e dutos de captação de ar externo com filtro do tipo G1



Fonte: Autor, 2019

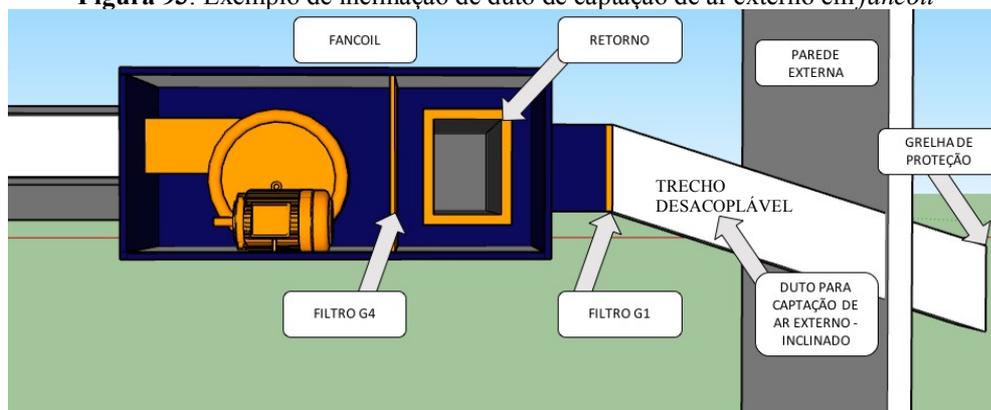
**Figura 92:** Fachada sem *brises* e dutos de captação de ar externo com filtro do tipo G1



Fonte: Autor, 2019

Os dutos de captação de ar externo devem ser instalados com inclinação a fim de evitar o acúmulo de água de chuva ou que esta seja levada para o interior da sala de máquinas. Os filtros devem ser instalados na parte interna do edifício para garantir o acesso fácil para as manutenções e na extremidade do duto, na parte externa, deve ser instalada uma grelha de proteção para evitar a entrada de animais, conforme Figura 93.

**Figura 93:** Exemplo de inclinação de duto de captação de ar externo em *fancoil*



Fonte: Autor, 2019

- Paramentação: ambiente proposto onde os funcionários da manutenção preventiva deverão paramentar-se para entrar na sala de máquinas (Figura 94). Este local deve oferecer lugar para guardar roupas (*lockers*), bancos de apoio e local para descarte de EPI contaminado.
- Higienização e Descarte: a sala de higienização proposta é o local destinado para a higienização das grelhas dos filtros de ar e de demais itens, evitando que estes elementos sejam limpos e desinfetados no mesmo ambiente em que foram retirados. Esta sala tem ligação por meio de uma abertura na parede para a sala de descarte, que deverá ter uma caçamba onde os filtros serão depositados. Esta composição espacial foi pensada de forma a não permitir que o funcionário contamine os espaços e elementos de forma cruzada. Não há acesso direto entre a sala de descarte e a sala de máquinas.
- Depósito de Filtros Novos: O depósito de filtros novos é destinado ao armazenamento dos filtros usados em todo o sistema de refrigeração central, desde que estes sejam usados ou que tenham acesso na sala de máquinas. Os filtros localizados em áreas diferentes do pavimento técnico, deverão ser armazenados próximos destes locais, como por exemplo os filtros HEPA, que são instalados nas salas de cirurgia.

**Figura 94:** Sala de paramentação para entrada na sala de máquinas



Fonte: Autor, 2019

## 6.2 PROGRAMA PARA MANUTENÇÕES PREVENTIVAS

As propostas corretivas e preventivas apresentadas neste trabalho basearam-se nas normas técnicas que regem os trabalhos de manutenção para sistemas de refrigeração de ar central e visam complementar seus textos.

A Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA) publicou em 2016<sup>14</sup> um guia para inspeção de sistemas de ar condicionado, elaborado pelo seu Departamento Nacional de Qualidade do Ar Interno, com o objetivo de orientar os profissionais de manutenção, definir rotinas de verificação e padronizar procedimentos de inspeção e orientar os usuários dos sistemas de refrigeração sobre a importância dos procedimentos de controle da qualidade do ar.

No mesmo caminho, a empresa Ar Plac<sup>15</sup> disponibiliza em seu *website* uma lista de normas e leis nacionais e internacionais que falam a respeito das manutenções, com o objetivo de conscientizar a sociedade sobre a importância da qualidade do ar de interiores. Tanto a ABRAVA quanto a empresa Ar Plac citam as mesmas normas, sendo:

ABNT NBR 13971/1997;

ABNT NBR 15848/2010 e demais normas já apresentadas neste trabalho como a Portaria 3523/1998, Resolução nº 9/2003 da ANVISA e NBR 16401.

<sup>14</sup> RENABRAVA 06 – 03/2016. Disponível em < [http://www.dnqaiabrava.org.br/html/palestras/05072016/Guia\\_inspecao\\_ar\\_condicionado\\_para\\_site\\_do\\_QUALI\\_NDOOR.pdf](http://www.dnqaiabrava.org.br/html/palestras/05072016/Guia_inspecao_ar_condicionado_para_site_do_QUALI_NDOOR.pdf)> Acesso em 19/03/2019.

<sup>15</sup> Informações disponíveis em < [http://www.arplac.com.br/normas\\_leis.php](http://www.arplac.com.br/normas_leis.php)> Acesso em 19/03/2019.

A ABRAVA sugere algumas ações prévias às manutenções conforme Figura 95.

**Figura 95:** Documentação básica a ser solicitada ao EAS, previamente à manutenção

✓ Desenhos organizados para consulta do <i>as-built</i> do sistema de ar condicionado com apresentação das dimensões dos dutos, suas vazões de ar, bocas de distribuição e localização das portas de inspeção e acesso aos dutos;
✓ Documentação de todos os produtos usados no tratamento, limpeza e higienização de torres, serpentinas e bandejas (Ficha de Segurança de Produtos Químicos e Ficha Técnica de utilização);
✓ Autorização emitida pelo IBAMA, em nome empresa mantenedora, que a mesma está apta a manusear gases refrigerantes;
✓ Relatórios semestrais das análises microbiológicas, físico-químicas do ar interno, realizadas por laboratório acreditado INMETRO, norma NBR ISO/IEC 17.025, na quantidade descrita na RE-09 e com rastreabilidade de informação nas amostras e resultados (certificados de calibração);
✓ Relatório semestral de análise da bactéria de <i>Legionella</i> no sistema de água de condensação das torres de resfriamento;

Fonte: RENABRAVA 06-03/2016, 2016. Adaptado pelo Autor, 2019

A documentação obrigatória, segundo a ABRAVA consiste em PMOC, Anotação de Responsabilidade Técnica, planta do sistema de ar condicionado e análise da qualidade do ar climatizado. Para os filtros, a orientação da associação é de acordo com a Figura 96.

**Figura 96:** Orientação para troca de filtros, segundo ABRAVA

<b>1- Filtros de ar:</b> <u>Descartáveis:</u> verificar se existe manômetro (medidor de diferencial de pressão), existindo, verificar se o valor indicado está acima do valor informado pelo fabricante para perda de carga final do filtro. Se estiver, deverá ser substituído. Para valor igual ou inferior ao indicado pelo fabricante, o filtro ainda está adequado e pode ser mantido. Não havendo manômetro, os filtros deverão ser substituídos, no máximo, a cada 90 dias, conforme Resolução 09, de 16 de janeiro de 2003 – ANVISA <u>Permanentes (Laváveis):</u> A limpeza deverá ocorrer mensalmente, conforme Resolução 09, de 16 de janeiro de 2003 – ANVISA
---

Fonte: RENABRAVA 06-03/2016, 2016. Adaptado pelo Autor, 2019

No EAS 3 não existe manômetro, porém, as manutenções preventivas acontecem a cada 30 dias (para os filtros descartáveis), sendo mantida esta orientação neste trabalho, porém a melhor solução é a futura instalação do equipamento de medição de pressão do ar nos *fancoils*.

A ABNT NBR 13971/1997 traz em seu escopo modelos de tabelas que guiam o trabalho das manutenções, no sentido de orientar de forma básica as atividades e serviços necessários para manutenções programadas em edificação que utiliza sistema de refrigeração de ar central, não sendo específica para EAS; que podem servir para este trabalho como auxílio sobre onde o funcionário deve iniciar seus trabalhos no sistema de refrigeração, de acordo com a sequência conforme Quadro 8.

A *ABNT NBR 15848/2010* estipula procedimentos e requisitos de manutenção para a melhoria dos padrões higiênicos das instalações de ar condicionado (Figura 97). Apresenta requisitos e procedimentos durante a construção, reformas e modernizações de edificação, não sendo específica para EAS, mas pode ser útil neste trabalho pois traz um Manual de Operação e Manutenção que sugere a periodicidade das manutenções, conforme Quadro 8.

**Quadro 8:** Escopo de trabalho sugerido pela ABNT NBR 13971/1997

Sequência	Atividade
1	Ventiladores
2	Trocadores de calor
3	Filtros de ar
4	Umidificadores de ar e eliminadores de gotas
5	Geradores de vapor
6	Componentes de distribuição e difusão de ar
7	Sistemas e quadros elétricos
8	Elementos de acionamento/transmissão mecânica
9	Sistemas hidráulicos
10	Compressores
11	Componentes do sistema - Circuito refrigerante
12	Torres de resfriamento
13	Instrumentação

Fonte: *ABNT NBR 13971/1997. Adaptado pelo Autor, 2019*

A análise destas normas permite identificar que as ações de manutenção são idealizadas pelo conjunto normativo de forma genérica, para todo e qualquer estabelecimento que faça uso de sistema de refrigeração central; elas não são específicas para EAS, que apresentam uma necessidade de maiores cuidados de manutenção preventiva, porém, auxiliam na orientação de quais ações os funcionários devem seguir para a higienização do sistema central como um todo. Sendo assim, as propostas corretivas e preventivas deste trabalho visam complementar o que as normas não englobam em seus textos, focadas nos fluxos de movimentação entre ambientes hospitalares realizados pelos funcionários de manutenção.

**Figura 97:** Ações de avaliação, higienização e suas frequências de acordo com a ABNT NBR 15848/2010

Item	Código de atividade	Frequência
Filtros de ar	A	De acordo com o regime de operação específico do sistema
Registros de ar exterior e atuadores	B	De acordo com o regime de operação específico do sistema, ou no mínimo a cada 6 meses
Umidificadores	C	De acordo com o regime de operação específico do sistema, ou no mínimo a cada 3 meses
Serpentinas e eliminadores de gotas	D	De acordo com o regime de operação específico do sistema, ou no mínimo a cada 3 meses, com especial atenção a serpentinas úmidas
Bandejas de condensados e outras superfícies adjacentes úmidas	D	De acordo com o regime de operação específico do sistema ou no mínimo a cada 3 meses
Venezianas de captação de ar exterior, elementos de proteção e áreas adjacentes	E	De acordo com o regime de operação específico do sistema, ou no mínimo a cada 6 meses

Fonte: ABNT NBR 15848/2010

### 6.2.1 Programa Corretivo - EPI

O objetivo do programa corretivo para as manutenções preventivas que acontecem no EAS 3 é o de melhorar as condições de trabalho dos funcionários das empresas terceirizadas e minimizar a possibilidade de contaminação cruzada entre os ambientes hospitalares, através do fluxo contínuo destes funcionários de manutenção, que podem carregar em suas vestimentas esporos de fungos ou bactérias advindas do pavimento técnico ou de outros ambientes do hospital. As soluções propostas englobam apenas o uso de EPI e não visam tornar-se um guia ou cartilha de protocolo, mas objetivam cumprir com o que foi observado na legislação durante a execução deste trabalho.

Os possíveis riscos na área de trabalho (pavimento técnico) que o funcionário terceirizado está exposto, além de considerar sua contaminação por fungos e bactérias, são quedas, ferimentos no manuseio de ferramentas, descargas elétricas, ferimentos pela projeção de partículas e aspiração de partículas. Os EPI indicados para estes casos são:

- Óculos de proteção,
- Protetor auricular,
- Luvas de segurança com isolamento,
- Capacete de segurança,
- Botina de segurança,
- Escada com isolamento para eletricidade.

Os funcionários terceirizados percorrem todos os ambientes do EAS em que hajam equipamentos ou elementos de ar condicionado central ou *Split* que precisam passar por reparos e/ou higienização com a mesma vestimenta que nem sempre é a indicada para este tipo de serviço. Neste sentido, este trabalho propõe o uso de camisa de manga longa e calça, ambos em tecido impermeável, para minimizar a área de contato entre ar particulado contaminado e a pele destas pessoas, lembrando que o ideal é o descarte ou troca de vestimenta após o trabalho ser concluído em cada ambiente, para evitar que fungos e bactérias presentes no tecido sejam transportados para outros lugares.

#### 6.2.2 Programa Corretivo – Boas práticas e ambientes

Nas observações durante as manutenções preventivas, foram analisadas de maneira superficial (pois não eram o foco de análise deste trabalho), as manutenções nos equipamentos *Split* do EAS 3 e notou-se que as mesmas ocorrências aconteciam como nos equipamentos do sistema de refrigeração central, ou seja, falta de uso de EPI, ausência de um roteiro de ambientes a receberem a manutenção e uso da mesma vestimenta durante todo o dia de trabalho.

Este programa sugere o início dos trabalhos de manutenção nos ambientes que são atendidos por equipamentos *Split*, pois estes não estão instalados no centro cirúrgico e portanto, oferecem menos riscos de contaminação. A proposta é o início a partir dos pavimentos superiores para os inferiores no EAS 3. A cada espaço é sugerida uma nova paramentação com descarte do EPI usado, para evitar que haja o transporte de partículas e microrganismos entre um espaço e outro via EPI contaminado (Quadro 9).

Ao término das manutenções nos aparelhos *Split* no térreo, os funcionários devem se preparar para as manutenções no sistema de refrigeração central do EAS 3. Todos os EPI usados até o momento devem ser descartados.

O centro cirúrgico localiza-se no segundo andar do EAS 3, os ambientes que o compõem e que são atendidos pelo sistema de refrigeração central são a pré-anestesia, duas salas de cirurgia, copa/conforto médico, endoscopia, recuperação de endoscopia, ultra som, sala de recuperação cirúrgica, videolaparoscopia e corredores.

**Quadro 9:** Sequência de ambientes a serem atendidos pela manutenção preventiva no EAS 3, que usam aparelhos Split

Ambientes atendidos por aparelhos tipo <i>Split</i>			
Sequência	Ambientes	Pavimento	EPI
Preparação para Manutenção no 2º Andar			
1	Leitos	2º andar	1 paramentação
2	Consultórios	2º andar	1 paramentação
	Sala de Reunião	2º andar	
3	Sala de Serviços	2º andar	1 paramentação
	Espera	2º andar	
Preparação para Manutenção no 1º Andar			
4	Enfermaria	1º andar	1 paramentação
	Consultórios	1º andar	
5	Administrativo	1º andar	1 paramentação
Preparação para Manutenção no Térreo			
6	Consultórios	Térreo	1 paramentação
	Diagnósticos	Térreo	
7	Salas de Urgência	Térreo	1 paramentação
8	Recepção	Térreo	1 paramentação

Fonte: Autor, 2019

Nestes ambientes os funcionários terceirizados devem dar manutenção nas grelhas dos dutos e nos filtros HEPA tipo H13 nas duas salas de cirurgia. Nestes casos, este programa sugere que sejam atendidos primeiro as salas de cirurgia com a troca dos filtros HEPA e limpeza das grelhas e posteriormente os ambientes que deverão ter suas grelhas de dutos higienizados. A paramentação com o EPI deverá acontecer para cada espaço diferente do centro cirúrgico, conforme Quadro 10.

O pavimento técnico deve ser o último a receber a manutenção preventiva no EAS 3 devido à sua localização no edifício. Os funcionários devem se paramentar antes de entrar no ambiente e limpar todo o pavimento e as máquinas antes das trocas dos filtros. Ao final de todo o trabalho, os funcionários devem descartar o EPI.

No Quadro 10, encontra-se o termo “troca de ambiente”, que sugere um espaço de tempo para as paramentações com o EPI e o preenchimento do PMOC pelos funcionários terceirizados. Seu preenchimento é obrigatório por lei e aqui é sugerido que seja feito logo após o serviço prestado em cada ambiente, para que não existam falhas ou omissões nas transcrições de dados.

**Quadro 10:** Sequência de ambientes do centro cirúrgico a serem atendidos pela manutenção preventiva no EAS 3

Centro Cirúrgico do EAS 3			
Sistema de Refrigeração Central			
Sequência	Ambiente	Itens	EPI
1	Sala de Cirurgia	Filtro HEPA	1 paramentação
2	Sala de Cirurgia	Grelhas	
Troca de Ambiente / PMOC			
3	Recuperação Cirúrgica	Grelhas	1 paramentação
Troca de Ambiente / PMOC			
4	Pré-anestesia	Grelhas	1 paramentação
Troca de Ambiente / PMOC			
5	Endoscopia	Grelhas	1 paramentação
6	Recuperação de endoscopia		
Troca de Ambiente / PMOC			
7	Videolaparoscopia	Grelhas	1 paramentação
Troca de Ambiente / PMOC			
8	Ultra som	Grelhas	1 paramentação
Troca de Ambiente / PMOC			
9	Copa/Conf. Médico	Grelhas	1 paramentação
Troca de Ambiente / PMOC			
10	Corredores	Grelhas	1 paramentação

Fonte: Autor, 2019

### 6.2.3 Programa Preventivo – EPI, boas práticas e ambientes

O programa preventivo para manutenções é um conjunto de propostas que pode ser usado para qualquer EAS, baseado nos estudos da legislação e resultados obtidos durante a execução deste trabalho. O programa proposto para o uso de EPI é o mesmo do programa corretivo, tendo em vista que as atividades executadas pelos funcionários podem ser similares em outros EAS.

A diferença neste programa preventivo está no foco das práticas de manutenções e na sequência de ambientes do pavimento técnico, pois vincula-se à nova proposta de *layout* já apresentada neste trabalho, para um EAS que tenha um centro cirúrgico em suas dependências, que tem por objetivo principal minimizar contaminações diretas (funcionários terceirizados) e cruzadas (entre ambientes). Os demais ambientes atendidos por equipamentos *Split* seguem o

mesmo raciocínio sequencial proposto para o EAS 3, conforme Quadro 11. O preenchimento do PMOC deve acontecer ao final da manutenção de cada ambiente e/ou troca de paramentação.

**Quadro 11:** Sequência de ambientes a serem atendidos por manutenção preventiva EAS, que usam aparelhos Split

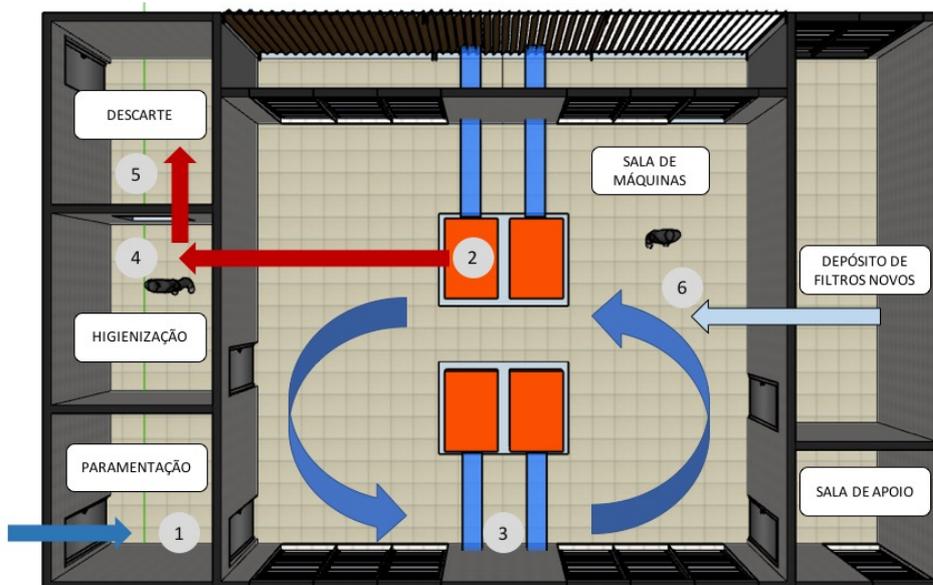
Ambientes em EAS atendidos por aparelhos tipo <i>Split</i>		
Sequência	Ambientes	EPI
1	Administrativo	1 paramentação
2	Consultórios Diagnósticos	1 paramentação
3	Enfermaria	1 paramentação
4	Salas de Urgência	1 paramentação
5	Recepção	1 paramentação

Fonte: Autor, 2019

As manutenções nos centros cirúrgicos devem dar prioridade para as salas de cirurgia, como na proposta de programa corretivo e demais ambientes na sequência, respeitando a necessidade de uma nova paramentação para cada ambiente.

A Figura 98 será usada de apoio visual para facilitar a compreensão do novo fluxo de trabalho proposto, assim como a numeração indicada para cada atividade diferente, que será chamada de “ação” e seu número correspondente.

**Figura 98:** Proposta de fluxo para manutenção preventiva em novo *layout* para pavimento técnico de EAS



Fonte: Autor, 2019

Para a execução das manutenções neste pavimento, a primeira ação é o agendamento prévio das manutenções para a previsão do desligamento das máquinas durante a prestação do serviço. O desligamento das máquinas implica na interrupção do fornecimento de ar nos ambientes do centro cirúrgico e desta forma, não deve haver atividades simultâneas nas salas de cirurgia enquanto os *fancoils* estiverem recebendo manutenção.

O pavimento técnico deve ser o último a receber a manutenção que, de acordo com a proposta de novo *layout*, deve acontecer primeiro na sala de paramentação, onde o funcionário terceirizado irá colocar EPI estéril e deixar suas roupas e objetos pessoais em armários, que deverão ser disponibilizados neste ambiente (ação 1). São sugeridos dois funcionários terceirizados (mesma quantidade do que já é disponibilizado para o EAS 3), que aqui serão chamados de Func 1 e Func 2 e que deverão obedecer a sequência de tarefas conforme Quadro 12.

**Quadro 12:** Checklist de ações de manutenção para o novo layout proposto para pavimento técnico

<i>Checklist</i> de ações de manutenção	
Sequência	Ações
1	Paramentação Abertura dos <i>fancoils</i>
2	Remoção das grelhas de filtros e transposição para a sala de higienização
3	Higienização da sala de máquinas e <i>fancoils</i>
4	Higienização das grelhas dos filtros usados e transferência das mesmas para a sala de máquinas
5	Descarte dos filtros usados e higienização da sala de higienização
6	Instalação dos filtros novos nas grelhas higienizadas

Fonte: Autor, 2019

A primeira tarefa é a de abrir os *fancoils* e retirar as grelhas com os filtros sujos (ação 2), levando-os para a sala de higienização. Na sequência, os dois funcionários terceirizados higienizam a sala de máquinas e os *fancoils*, podendo estas ações serem feitas também pelos

dois funcionários (ação 3). Em seguida, o Func 2 direciona-se para o interior da sala de higienização (ação 4). A partir deste momento, o Func 2 não pode entrar mais na sala de máquinas com o mesmo EPI usado na sala de higienização, a fim de evitar a contaminação por fungos e bactérias presentes nos filtros sujos. As grelhas higienizadas devem ser transferidas novamente para a sala de máquinas através de um vão na parede entre os dois ambientes. Os filtros sujos devem ser transferidos para a sala de descarte (ação 5) e o Func 2 está liberado para higienizar a sala de higienização e descartar sua paramentação.

O Func 1 retira do depósito de filtros novos os filtros necessários para a substituição colocando-os nas grelhas já higienizadas e finaliza o processo fechando as máquinas (ação 6). Após esta atividade, o Func 1 descarta sua paramentação na sala de paramentação. Os dois preenchem o PMOC referente à estes serviços prestados, removem os filtros sujos para retirada do EAS na sala de descarte e os transportam para incineração, conforme previsto em lei.

## 7 CONCLUSÕES

A qualidade do ar de interiores nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) é um fator de salubridade importante no ambiente de trabalho e de atividades relacionadas à manutenção da saúde. São necessárias precauções especiais que evitem a proliferação de doenças nos ambientes hospitalares onde os níveis elevados de poluentes presentes no ar agravam as condições dos pacientes e principalmente dos funcionários. Mesmo cumprindo com os requisitos das leis e normas brasileiras para ambientes hospitalares e seus sistemas de refrigeração, o EAS pode oferecer riscos de contaminação cruzada e infecções hospitalares causados pela colonização de fungos e bactérias no ambiente do pavimento técnico e provavelmente nos dutos do sistema de filtração de ar condicionado central. Neste contexto, as principais conclusões específicas deste trabalho são:

- O conjunto de leis que abrange projetos hospitalares e o sistema de refrigeração central é amplo, as leis detalham quais ambientes devem ser projetados em um EAS, especificam como o sistema de refrigeração central de ar condicionado deve funcionar, sua eficiência energética e equipamentos obrigatórios. No entanto, a literatura específica sobre arquitetura hospitalar assim como a legislação brasileira pouco detalha como os pavimentos técnicos devam ser projetados.
- O sistema de refrigeração central instalado no EAS estudado neste trabalho atende à demanda dos ambientes do centro cirúrgico e o sistema de filtração analisado se mostrou eficiente na retenção de fungos e bactérias, principalmente a partir das análises microbiológicas realizadas no verso do filtro bolsa tipo F8, que não apresentou crescimento de colônias, comprovando as especificações técnicas dos filtros fornecidas pelos fabricantes.
- As análises microbiológicas comprovaram a presença de fungos e bactérias nocivos à saúde humana, como o *Aspergillus* e *Staphylococcus* respectivamente, nos filtros do sistema de refrigeração de ar do EAS, provenientes do ambiente interno do pavimento técnico, mostrando a importância deste espaço físico e sua influência na salubridade de todo o sistema.
- A arquitetura do pavimento técnico influencia na sua temperatura ambiente interna, que se mantém na média de 30°C, e na sua QAI, tornando o pavimento uma espécie

de estufa, um ambiente propício para a proliferação de colônias de fungos e bactérias.

- Os funcionários das empresas terceirizadas de manutenção não usam EPI e não respeitam um programa de fluxo e sequência de atividades, tornando as manutenções preventivas um fator de risco de contaminação cruzada em todos os ambientes hospitalares onde os funcionários terceirizados caminham.
- O não uso de EPI põe em risco a saúde dos funcionários terceirizados que têm contato direto com material contaminado por colônias de fungos e bactérias dos filtros; conseqüentemente, a saúde dos usuários do EAS também pode ser afetada pela movimentação dos funcionários durante as manutenções.
- A proposta de programa arquitetônico, com a apresentação de um *layout* pode ajudar a minimizar a contaminação do ambiente e por conseqüência, de todo o sistema de refrigeração central e de filtração, assim como a proposta de um programa de manutenção através da adoção de uma sequência de atividades que visam atender a demanda do EAS na busca por minimizar a contaminação cruzada entre ambientes.

Do ponto de vista geral, os resultados indicam que a contaminação de todo o sistema de refrigeração e de ambientes hospitalares existe devido à não integração entre arquitetura, refrigeração de ar, manutenções e qualidade do ar de interiores. A falta de diretrizes concretas para os arquitetos e engenheiros civis implica em erros de projeto, de construção e de manutenções preventivas que refletem no aparecimento de microrganismos que podem comprometer, cedo ou tarde, a salubridade e a QAI dos EAS e de seus usuários.

## **8 RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS**

- Desenvolvimento de projeto orçamentário da proposta de programa arquitetônico corretivo e preventivo;
- Análise comparativa entre o investimento na fase de projeto (preventivo) e na fase pós-ocupação (corretivo) de projeto arquitetônico para pavimentos técnicos em EAS;
- Aplicação de testes para verificação da eficácia das paramentações durante as manutenções preventivas nos sistemas de refrigeração de ar central em EAS;
- Desenvolvimento de equipamentos mais eficazes na eliminação de fungos e bactérias nos sistemas de filtração.

## REFERÊNCIAS

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**, [S.L], v. 6, n. 2, p. 181-188, jan. 2004. Disponível em: <www.fen.ufg.br>. Acesso em: 04 jan. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6401: Instalações centrais de ar-condicionado para conforto. Parâmetros básicos de projeto**. Rio de Janeiro, p. 17. 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.971: Sistemas de refrigeração, condicionamento de ar e ventilação – Manutenção programada**. Rio de Janeiro, p. 16. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7256: Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução das instalações**. Rio de Janeiro, p. 28. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.401-1: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários. Parte 1: Projetos das instalações**. Rio de Janeiro, p. 60. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.401-2: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários - Parte 2: Parâmetros de conforto térmico**. Rio de Janeiro, p. 7. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.401-3: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários. Parte 3: Qualidade do ar interior**. Rio de Janeiro, p. 24. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.848: Sistemas de ar condicionado e ventilação – Procedimentos e requisitos relativos às atividades de construção, reformas, operação e manutenção das instalações que afetam a qualidade do ar interior (QAI)**. Rio de Janeiro, p. 13. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.679: Sistemas de condicionamento de ar e ventilação – Execução de serviços de higienização**. Rio de Janeiro, p. 13. 2012.

BRASIL. **Agencia Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, Resolução RE nº 176**, de 24 de outubro de 2000. 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. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 25 out. 2000.

**BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, Resolução RDC nº 50**, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 21 fev. 2002.

**BRASIL. 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. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 20 jan. 2003.

**BRASIL. Casa Civil. Lei nº 6.437**, de 20 de agosto de 1977. Lex: Configura infrações à legislação sanitária federal, estabelece as sanções respectivas, e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 20 ago. 1977. Seção I, p. 11145 (Publicação Original).

**BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, Resolução nº 5**, de 25 de agosto de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 25 ago. 1989. Seção I, p. 14713-14714.

**BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, Resolução nº 491**, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 21 nov. 2018. Seção I, p. 155-156.

**BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Lex: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 31 ago. 1981. P. 16509.

**BRASIL. Ministério da Saúde. GM. Portaria nº 3.523**, de 28 de agosto de 1998. Dispõe sobre a qualidade do ar de interiores em ambientes climatizados. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 28 ago. 1998.

**BRASIL. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora, RN nº 9**, de 8 de junho de 1978. Programa de prevenção de riscos ambientais. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 8 jun. 1978.

BRASIL. **Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora, RN nº 7**, de 30 de dezembro de 1994. Programa de controle médico de saúde ocupacional. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 30 dez. 1994.

BRASIL. **Presidência da República. Lei nº 13.589**, de 04 de janeiro de 2018. Manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 04 jan. 2018.

CAMFIL. **Catálogo de Produtos: Soluções em Filtragem de Ar – Brasil**. 2014. Disponível em: <<http://www.camfil.com.br/FileArchive/Brochures/Camfil%20information/CAMFIL-CATALOGO-%202014.pdf>>. Acesso em: 4 maio 2018.

CAMFIL. **Tecnologia**. 2018. Disponível em: <<http://www.camfil.com.br/Technology/>>. Acesso em: 4 maio 2018.

CARTAXO, F. E.; GONÇALVES, C. L. C. A.; COSTA, R. F.; COELHO, V. M. I.; DOS SANTOS, G. J. Aspectos de Contaminação Biológica em Filtros de Condicionadores de Ar Instalados em Domicílios da Cidade de Manaus – AM. *Eng. Sanit. Ambient.* [online]. 2007, vol.12, n.2, pp.202-211. ISSN 1413-4152. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522007000200011>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

CASTRO, Kelly Dornellas De. IMPACTOS DA QUALIDADE DO ESPAÇO ARQUITETÔNICO NA PRODUTIVIDADE DO TRABALHADOR. *Pretexto*, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 23-38, jul./dez. 2007. Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/pretexto/article/view/441>>. Acesso em: 22 set. 2017.

COSTEIRA, Elza Maria Alves. Arquitetura Hospitalar: História, Evolução e Novas Visões.. *Researchgate*, Rio de Janeiro, p. 1-6, dez. 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/272405937\\_ARQUITETURA\\_HOSPITALAR\\_HISTORIA\\_EVOLUCAO\\_E\\_NOVAS\\_VISOES](https://www.researchgate.net/publication/272405937_ARQUITETURA_HOSPITALAR_HISTORIA_EVOLUCAO_E_NOVAS_VISOES)>. Acesso em: 12 mar. 2018.

DEPETRIS, A. A.: Níveis de Filtragem. *Revista Engenharia e Arquitetura*. São Paulo, 20 dez. 2017. Disponível em: <<http://www.engenhariaearquitectura.com.br/2017/12/niveis-de-filtragem>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

EICKHOFF, Theodore C.. Airborne Nosocomial Infection: A Contemporary Perspective. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, [S.L], v. 15, n. 10, p. 663-672, nov. 1994. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/15355563\\_Airborne\\_Nosocomial\\_Infection\\_A\\_Contemporary\\_Perspective](https://www.researchgate.net/publication/15355563_Airborne_Nosocomial_Infection_A_Contemporary_Perspective)>. Acesso em: 18 mar. 2018.

ETCHEBEHERE, A.; SERVILIERI, K. M.; REGAZZI, R. D.; PEDROSO, M. Z.; SARTORELLI, E. M.; CARLOS, A. L.; NABESHIMA, M. A.; CARDOSO, M. M.; NUNES, N. R. S.; DIAS, T. A metrologia participa do controle de infecções hospitalares cuidando da

qualidade do ar. In: Simpósio de Metrologia na Área da Saúde (METROSAÚDE 2005). Rede Metrológica do Estado de São Paulo (REMESP). São Paulo. 09 e 10 de novembro de 2005.

FERNANDES, Eduardo De Oliveira. Indoor air quality: INsights for designing energy efficient buildings. **International Journal of Solar Energy**, [S.L], v. 15, n. 1, p. 37-45, jul. 1993. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01425919408909820>>. Acesso em: 12 set. 2017.

FIELD, R. W. et al. Residential radon exposure and lung cancer: Variation in risk estimates using alternative exposure scenarios. **Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology**, [S.L], v. 12, n. 3, p. 197-203, jun. 2002. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/11339357\\_Residential\\_radon\\_exposure\\_and\\_lung\\_cancer\\_Variation\\_in\\_risk\\_estimates\\_using\\_alternative\\_exposure\\_scenarios](https://www.researchgate.net/publication/11339357_Residential_radon_exposure_and_lung_cancer_Variation_in_risk_estimates_using_alternative_exposure_scenarios)>. Acesso em: 31 jan. 2018.

GÓES, Ronald De. **Manual Prático de Arquitetura Hospitalar**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise Helena Silva. **Arquitetura Sustentável**: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. *Ambiente construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 4, 2006, p. 51-81.

HARTY, Chris; JACOBSEN, Peter Holm; TRYGGESTAD, Kjell. Constructing healthcare spaces - The complex role of visualisations in negotiating hospital designs and practices. **Procedia Economics and Finance - 8th Nordic Conference on Construction Economics and Organization**, Copenhagen, v. 21, p. 578-585, dez. 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/277350969\\_Constructing\\_Healthcare\\_Spaces\\_-\\_The\\_Complex\\_Role\\_of\\_Visualisations\\_in\\_Negotiating\\_Hospital\\_Designs\\_and\\_Practices](https://www.researchgate.net/publication/277350969_Constructing_Healthcare_Spaces_-_The_Complex_Role_of_Visualisations_in_Negotiating_Hospital_Designs_and_Practices)>. Acesso em: 25 mar. 2018.

HERNANDEZ, R., T. **Viabilidade da Aplicação de Neblina Ativada na Redução de Bioaerossóis em Hospitais**. 2011. 149 f. Dissertação (Mestrado em Saúde, Ambiente e Trabalho) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

HITCHCOCK, J. P. et al. Improving performance of HVAC Systems to reduce exposure to aerosolized infectious agents in buildings – Recommendations to reduce risks posed by biological attacks. **Biosecurity and Bioterrorism: Biodefense Strategy, Practice and Science**. v. 4, n.1, p. 41, mar. 2006. Disponível em: <<https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/bsp.2006.4.41>>. Acesso em: 19/03/2019.

JANSSEN, John E.. The History of Ventilation and Temperature Control. **ASHRAE Journal**, [S.L], p. 47-52, set. 1999. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/8635/e63c5d152314675bc076de0a19a2965ea1d4.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

KOUFI, L. et al. A numerical study of indoor air quality in a ventilated room using different strategies of ventilation. **Mechanics and Industry**, [S.L], v. 18, p. 221, ago. 2016. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/308265702\\_A\\_numerical\\_study\\_of\\_indoor\\_air\\_quality\\_in\\_a\\_ventilated\\_room\\_using\\_different\\_strategies\\_of\\_ventilation](https://www.researchgate.net/publication/308265702_A_numerical_study_of_indoor_air_quality_in_a_ventilated_room_using_different_strategies_of_ventilation)>. Acesso em: 03 out. 2017.

LIANG, Huang-Min; LIAO, Chung-Min. Modeling VOC-odor exposure risk in livestock buildings. **Chemosphere**, [S.L], v. 68, n. 4, p. 781-789, jun. 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653507000100?via%3Dihub>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

MANDIN, C. A. et al. Assessment of indoor air quality in office buildings across Europe – The OFFICAIR study. **Science of the Total Environment**, Exeter, UK, v. 579, n. 1, p. 169-178, fev. 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Eduardo\\_De\\_Oliveira\\_Fernandes2/publication/310627262\\_Assessment\\_of\\_indoor\\_air\\_quality\\_in\\_office\\_buildings\\_across\\_Europe\\_-\\_The\\_OFFICAIR\\_study/links/586d38e308ae329d6213881d/Assessment-of-indoor-air-quality-in-office-buildings-across-Europe-The-OFFICAIR-study.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Eduardo_De_Oliveira_Fernandes2/publication/310627262_Assessment_of_indoor_air_quality_in_office_buildings_across_Europe_-_The_OFFICAIR_study/links/586d38e308ae329d6213881d/Assessment-of-indoor-air-quality-in-office-buildings-across-Europe-The-OFFICAIR-study.pdf)>. Acesso em: 19 fev. 2018.

MISSIA, D. et al. Indoor Air Quality Model evaluation in a modern office.. **Indoor Air 2016**, Bruxelas, jul. 2016. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/309243014\\_Indoor\\_Air\\_Quality\\_Model\\_evaluation\\_in\\_a\\_modern\\_office](https://www.researchgate.net/publication/309243014_Indoor_Air_Quality_Model_evaluation_in_a_modern_office)>. Acesso em: 21 set. 2017.

MOSCATO, U. Hygienic management of air conditioning systems.. **Annali di igiene: medicina preventiva e di comunità**, Milão, v. 12, n. 4, p. 155-174, jul. 2000. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/12226571\\_Hygienic\\_management\\_of\\_air\\_conditioning\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/12226571_Hygienic_management_of_air_conditioning_systems)>. Acesso em: 09 mar. 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Ambient (outdoor) Air Quality and Health**. 02 maio 2018. Disponível em: <[http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)>. Acesso em: 03 ago. 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Prevention of Hospital-Acquired Infections: A practical guide**. 2. Edição. OMS, Malta. 2002. Disponível em: <<http://apps.who.int/medicinedocs/documents/s16355e/s16355e.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

PAGEL, Érica Coelho; ALVAREZ, Cristina Engel De; JUNIOR, Neyval Costa Reis. O EDIFÍCIO SUSTENTÁVEL E A QUALIDADE DO AR INTERNO. **Anais ENTAC**, São Paulo, p. 2235-2245, set. 2016. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016\\_paper\\_38.pdf](http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_38.pdf)>. Acesso em: 29 mar. 2018.

PINHEIRO, Márcia Elisabeth. O HOSPITAL COMO MÁQUINA DE CURAR: o papel de Jacques Tenon e Florence Nightingale no desenvolvimento da arquitetura hospitalar. **Ambiente Hospitalar**, São Paulo, v. 6, n. 9, p. 33-42, jan. 2012. Disponível em: <[www.abdeh.org.br/revista\\_9/](http://www.abdeh.org.br/revista_9/)>. Acesso em: 03 mar. 2018.

QUADROS, M. E.; LISBOA, M. H.; OLIVEIRA, L. V.; SCHIRMER, N. W.. Qualidade do ar interno em ambientes hospitalares. **Rev. Tecnologia**, Fortaleza, v. 30, n. 1, p. 38-52, jun. 2009. Disponível em: <<http://periodicos.unifor.br/tec/article/view/5275>>. Acesso em: 09 fev. 2018.

Revista Engenharia e Arquitetura: Cartilha de orientação sobre manutenção de sistemas de climatização. **Revista Engenharia e Arquitetura**. São Paulo, 20 jul. 2018. Disponível em: <<http://www.engenhariaearquitectura.com.br/2018/07/cartilha-de-orientacao-sobre-manutencao-de-sistemas-de-climatizacao>>. Acesso em: 17 out. 2018.

ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; , Stephanie Thomas-Rees. **Ecohouse: A casa ambientalmente sustentável**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

SALINAS, José Luis; MAÇADA, Antonio Carlos Gastaud; SANTOS, Marli Elizabeth Ritter Dos. Mudança Radical em Organizações Complexas: O Caso do Banco do Brasil. **Anais EnANPAD**, FOZ DO Iguaçu, v. 22, set. 1998. Disponível em: <[http://www.anpad.org.br/~anpad/eventos.php?cod\\_evento=1&cod\\_evento\\_edicao=2#](http://www.anpad.org.br/~anpad/eventos.php?cod_evento=1&cod_evento_edicao=2#)>. Acesso em: 30 jan. 2008.

SAYAKA, Oki. **Académiciens et experts? Le problème hospitalier parisien vu par l'Académie royale des sciences à la fin du XVIIIe siècle**. Paris: halshs, 8813 version 1, 3 feb de 2006. Disponível em <[http://hirosimau.academia.edu/SayakaOki/Papers/270510/Academiciens\\_Et\\_Experts\\_Le\\_Probleme\\_Hospitalier\\_Parisien\\_Vu\\_Par\\_LAcademie\\_Royale\\_Des\\_Sciences\\_a\\_La\\_Fin\\_Du\\_XVIII\\_E\\_Siecle](http://hirosimau.academia.edu/SayakaOki/Papers/270510/Academiciens_Et_Experts_Le_Probleme_Hospitalier_Parisien_Vu_Par_LAcademie_Royale_Des_Sciences_a_La_Fin_Du_XVIII_E_Siecle)>. Acesso em: 12 mar. 2018.

SENATORE, J. A. S.: Filtragem do Ar: Uma nova era está surgindo. **Revista Engenharia e Arquitetura**. São Paulo, 05 jan. 2018. Disponível em: <<http://www.engenhariaearquitectura.com.br/2018/01/filtragem-do-ar-uma-nova-era-esta-surgindo>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

SENITKOVA, Ingrid Juhasova. Indoor air quality – buildings design. **MATEC Web of Conferences**, República Tcheca, v. 93, p. 1-6, dez. 2016. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/311852343\\_Indoor\\_air\\_quality\\_-\\_buildings\\_design](https://www.researchgate.net/publication/311852343_Indoor_air_quality_-_buildings_design)>. Acesso em: 08 set. 2017.

SERRANHEIRA, Florentino; SOUSA, Paulo; SOUSA-UVA, António. Saúde e Segurança do Trabalho e Segurança do Doente: reflexões para uma abordagem sistêmica. **SHO 2010**, Lisboa, fev. 2010. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/233991226\\_Saude\\_e\\_Seguranca\\_do\\_Trabalho\\_e\\_Seguranca\\_do\\_Doentereflexoes\\_para\\_uma\\_abordagem\\_sistemica](https://www.researchgate.net/publication/233991226_Saude_e_Seguranca_do_Trabalho_e_Seguranca_do_Doentereflexoes_para_uma_abordagem_sistemica)>. Acesso em: 26 jan. 2018.

SIQUEIRA, L. F. G.; DANTAS, E. Organização e Método no Processo de Avaliação de Qualidade do Ar de Interiores. **Revista Brasindoor**, v. 3, n.2, 1999.

SCUDO, G. **Tecnologie Solari Integrate nell'Architettura**: Processi Strumenti Sistemi Componenti. Milanofiori Assago: Wolters Kluwer Italia, 2013.

SCUDO, G.; ROGORA, A. **Architettura Ambientale**: Progetti Tecniche Paesaggi. Milanofiori Assago: Wolters Kluwer Italia, 2013.

SMIELOWSKA, Monika; MARC, Mariusz; ZABIEGALA, Bozena. Indoor Air Quality in Public Utility Environments - A review. **Environmental Science and Pollution Research International**, [S.L], v. 24, n. 12, p. 11166-11176, fev. 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-8567-7>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

STERLING, Theodor D.; COLLETT, Chris; RUMEL, Davi. A epidemiologia dos "edifícios doentes". **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 56-63, fev. 1991. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/250042595\\_A\\_epidemiologia\\_dos\\_edificios\\_doentes](https://www.researchgate.net/publication/250042595_A_epidemiologia_dos_edificios_doentes)>. Acesso em: 09 set. 2017.

VASILE, V. et al. Indoor Air Quality – a Key Element of the Energy Performance of the Buildings. **Energy Procedia**, Bucareste, v. 96, p. 277-284, set. 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610216307895>>. Acesso em: 14 set. 2017.

VERDE, S. C. et al. Microbiological assessment of indoor air quality at different hospital sites. **Research in Microbiology**, [S.L], v. 166, n. 7, p. 557-563, set. 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092325081500056X>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

VERDERBER, S. **Innovations in Hospital Architecture**. Nova Iorque: Routledge, 2010. 392 p.

VILJOEN, A. **The Environmental Impact of Energy Efficient Dwellings**: Taking into account embodied energy and energy in use. Londres: European Directory os Sustainable and Energy Efficient Building, James & James Ltd. 1997.

WARGOCKI, Pawel; WYON, David P. Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork. **Building and Environment**, Dinamarca, v. 112, n. 1, nov. 2016. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/310387641\\_Ten\\_questions\\_concerning\\_thermal\\_and\\_indoor\\_air\\_quality\\_effects\\_on\\_the\\_performance\\_of\\_office\\_work\\_and\\_schoolwork](https://www.researchgate.net/publication/310387641_Ten_questions_concerning_thermal_and_indoor_air_quality_effects_on_the_performance_of_office_work_and_schoolwork)>. Acesso em: 08 set. 2017.