



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
FACULDADE DE MEDICINA DA BAHIA  
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM  
SAÚDE, AMBIENTE E TRABALHO**



**VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE NEBLINA ATIVADA NA  
REDUÇÃO DE BIOAEROSSOIS EM HOSPITAIS**

**Rubiela Torres Hernandez**

**Dissertação de Mestrado**

**Salvador**

**2011**

H557 Hernandez, Rubiela Torres

Viabilidade da aplicação de neblina ativada na redução de bioaerossóis em hospitais/ Rubiela Torres Hernandez – Salvador, 2011. xiii, 56 f.; il

Orientador: Prof. Dra: Tania Mascarenhas Tavares.

Dissertação (Mestrado em Saúde, Ambiente e Trabalho) – Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Medicina da Bahia, 2011

1 . Bactérias. 2 . Fungos. 3 . Infecção hospitalar. 4. Qualidade do ar. 5. Partículas atmosféricas I . Tavares, Tania Mascarenhas. II . Universidade Federal da Bahia. III . Título.

CUD: 661.91

Ficha catalográfica. Universidade Federal da Bahia – Faculdade de Medicina da Bahia – Biblioteca.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
FACULDADE DE MEDICINA DA BAHIA  
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE,  
AMBIENTE E TRABALHO**



## **VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE NEBLINA ATIVADA NA REDUÇÃO DE BIOAEROSSOIS EM HOSPITAIS**

**Rubiela Torres Hernandez**

**Professor Orientador: Tania Mascarenhas Tavares**

Dissertação apresentada ao Colegiado do Curso de Pós-graduação em Saúde, Ambiente e Trabalho da Faculdade de Medicina da Universidade Federal da Bahia, como pré-requisito obrigatório para a obtenção do grau de Mestre em Saúde, Ambiente e Trabalho.

**Salvador**

**2011**

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

Membros titulares:

**Tania Mascarenhas Tavares – Orientadora**

Professora Doutora da Universidade Federal da Bahia

**Cristiana M. Nascimento Carvalho**

Professora Doutora da Universidade Federal da Bahia

**Fernando Martins Carvalho**

Professor Doutor da Universidade Federal da Bahia

*A minhas três flores sábias Laura, Susana e Yasmin Sofia.*

*A meu esposo*

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelas graças alcançadas.

À Prof. Dra. Tania Mascarenhas Tavares por sua orientação durante o desenvolvimento deste trabalho, pelo seu apoio e oportunidade de crescimento profissional.

À Carolina Wilches Arciniegas, bacteriologista doutoranda em química analítica, pela sua ajuda e orientação desde o princípio até o fim .

Ao Prof. Milton R. Abreu Roque, coordenador do Laboratório de Biotecnologia e Ecologia do Microorganismo do Instituto de Ciências da Saúde da UFBA, pelo apoio e disponibilização das instalações laboratoriais para as culturas de microorganismos.

Ao Prof. Hugo Ribeiro Júnior, Diretor do Complexo Hospitalar Universitário Professor Edgard Santos (HUPES) da UFBA, pela disponibilização de espaço e suporte.

À Dra. Licia Chagas, Coordenadora do Atendimento ao Usuário do Complexo HUPES da UFBA, pela facilitação das coletas de amostra.

Ao Dr. Gillian De Queiroga Lima, Coordenador do Serviço de Arquivo Médico do Complexo HUPES, pela facilitação das coletas.

À David Lockwood pela correção do resumo em inglês.

Aos meus colegas e amigos do LAQUAM, pelo apoio de forma direta ou indireta na realização deste trabalho, em especial a Ângela Costa, Diego Vasconcellos, José Jorge Bispo Vitorio e Daisy Marcela Angarita.

Aos meus colegas do mestrado por terem sido meus amigos desde o início.

Aos professores do MSAT por compartilhar seus conhecimentos, em especial ao Prof. Fernando Carvalho.

Aos funcionários do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia e aos funcionários do Mestrado em Saúde, Ambiente e Trabalho Enrique e Marivalda, pela sua ajuda e Solangel por ter sido uma amiga durante este processo.

Em especial, a meu esposo Guillermo e as minhas filhas Laura Sofia, Susana Sofia e Yasmin Sofia, por serem a luz que ilumina meu caminho, pelo amor e apoio. A meus pais por serem a base de todo meu crescimento e as minhas irmãs pelo seu apoio e amor.

À CAPES, pela bolsa concedida.

**SUMÁRIO**

Lista de Tabelas	xi
Lista de Figuras	xiii
Resumo	2
I. OBJETIVOS	4
I.1. Geral	4
I.2. Específicos	4
II. INTRODUÇÃO	5
III. REVISÃO DA LITERATURA	8
III. 1 Sistemas de Biorredução	13
III.1.1 Filtração	13
III.1.2 Controle de pressurização	14
III.1.2.1 Quartos de isolamento de pressão negativa	15
III.1.2.2 Quartos de isolamento de pressão positiva	15
III.1.3 Irradiação Ultravioleta germicida (UVGI)	16
III.1.4 Ionização Negativa do Ar	18
III.1.5 Vegetação	18
III.2 Sistemas em Desenvolvimento	18
III.2.1 Oxidação fotocatalítica	18
III.2.2 Ozonização do Ar	19



III.2.3. Adsorção de Carbono	19
III.3 Redução de Microrganismos pelo Método de Neblina Ativada	20
III.3.1 Tecnologia de Neblina Ativada	21
III.3.2 Produção da Neblina ativada	22
III.3.3 Interação da Neblina e a Partículas em suspensão	23
III.3.4 Vantagens do Método da Neblina Ativada	25
IV. PARTE EXPERIMENTAL	28
IV.1 Otimização da Técnica	28
IV.2 Locais de Amostragem	28
IV.3. Desenho experimental	30
IV.3.1 Amostragem de ar	30
IV.3.2 Descrição do Método de Neblina Ativada e sem ativação.	32
IV.3.3 Cultura de microorganismos:	34
5.3.3.1 Determinação de bactérias:	35
IV.3.3.2 Determinação de fungos:	36
IV.3.3.3 Quantificação das Unidades Formadoras de Colônias (UFC)	36
V. RESULTADO	37
V.1 Dados obtidos no Laboratório 419 do LAQUAM	37
V.2 Dados do Pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Universitário Professor Edgard Santos (HUPES)	38
V.2.1 Bactérias	39
V.2.2 Fungos e leveduras	42
VI. DISCUSSÃO	47

VII. CONCLUSÃO	50
VIII. PERSPECTIVAS DO TRABALHO	50
IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Doenças bacterianas transmitidas por bioaerossóis	8
Tabela 2: Doenças virais transmitidas por bioaerossóis	8
Tabela 3 Doenças fúngicas transmitidas por bioaerossóis	9
Tabela 4. Técnicas de biorredução comparada com neblina ativada: vantagens e desvantagens	25
Tabela 5. Número de amostras feitas nos Laboratório 419 do LAQUAM no Instituto de Química da UFBA, 2011.	32
Tabela 6. Número de amostras feitas no ambulatório do HUPES, 2011.	32
Tabela. 7. Número de amostras feitas no SAME, 2011.	31
Tabela.8. Desempenho da tecnica da neblina ativada redução de bactérias no ar do Laboratorio 419 do LAQUAM no Instituto de Química, janeiro de 2011.	37
Tabela 9. Desempenho da técnica de neblina ativada para redução de fungos do laboratorio 419 do LAQUAM, Instituto de Quimica, janeiro de 2011.	38
Tabela 10. Desempenho da técnica de neblina ativada para redução da concentração de bactérias no ar antes e após o uso da neblina ativada ou não ativada, no ambulatorio do serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Medico e Estatistica (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES), Salvador, Bahia, 02-2011.	39
Tabela11. . Teste de Wilcoxon das concentrações de UFC inicial e final de bactérias após o uso da neblina ativada no ambulatório do serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES), Salvador, Bahia, 02-2011.	41
Tabela 12. . Teste Wilcoxon das concentrações de UFC inicial e final de bactérias após o uso da neblina não ativada no ambulatorio do serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES), Salvador, Bahia,02-2011.	42

Tabela 13. Desempenho da técnica da neblina ativada para redução da concentração de fungos antes e após o uso da neblina com e sem ativação no ambulatório do serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES), Salvador, Bahia, 02-2011. 43

Tabela 14. Teste de Wilcoxon das concentrações de UFC inicial e final de fungos após o uso da neblina ativada. 45

Tabela 15. Teste de Wilcoxon das concentrações de UFC inicial e final de fungos após o uso da neblina não ativada. 46

## Lista de Figuras

Figura 1– Mecanismo do HEPA	13
Figura 2. . Exemplo de quartos de isolamento de pressão negativa (CDC, 2003)	14
Figura 3. Exemplo de quartos de isolamento de pressão positiva negativa (CDC, 2003)	16
Figura 4. Espectro da luz visível	17
Figura 5. Aspensor de Impactação Frontal.	22
Figura 6. Micela	23
Figura 7. Produção de neblina contendo surfactante e outras substâncias a partir do nebulizador	24
Figura 8. Amostragem de ar para redução de bioaerossóis em reator com neblina ativada, onde o ar era bombeado por uma mangueira introduzida na janela.	29
Figura 9 . Impactador de cascata Andersen com um estágio.	31
Figura 10 Desenho do Sistema de Neblina Ativada	33
Figura 11.Nanogotículas de neblina saindo de um dos aspersores no reator de neblina ativada.	33
Figura 12. Sistema reator de neblina ativada para redução de bioaerossóis para aplicação em ambientes hospitalares, no laboratório.	34
Figura 13 Placa de Petrifilm AC para cultura de bactérias	35
Figura 14. Comparação das UFC m <sup>-3</sup> de bactérias antes e depois do tratamento do ar com a neblina ativada no ambulatório do Serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES) nas amostras, Salvador, Bahia, 02-2011.	40

Figura 15. Comparação das UFC  $m^{-3}$  de bactérias antes e depois do tratamento com neblina não ativada no ambulatório do serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES) nas amostras, Salvador, Bahia, 02-2011. 40

Figura 16. Comparação das UFC  $m^3$  de fungos antes e depois do tratamento do ar com neblina ativada no ambulatório do serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES) em função do número de amostras, Salvador, Bahia, 02-2011. 44

Figura 17. Comparação das UFC  $m^3$  de fungos antes e depois do tratamento do ar com a neblina sem ativação no ambulatório do serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES) em função de o número de amostragens, Salvador, Bahia, 02-2011. 44

## RESUMO

### VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE NEBLINA ATIVADA NA REDUÇÃO DE BIOAEROSSOIS EM HOSPITAIS

A qualidade do meio ambiente hospitalar é afetada pela presença dos bioaerossóis, nos quais microorganismos podem proliferar descontroladamente, se não se adotarem medidas de controle da qualidade do ar. A falta de controle nos bioaerossóis dos hospitais pode trazer conseqüências para a saúde dos seus trabalhadores e pacientes.

**Objetivo:** Testar o sistema de neblina ativada como método de redução de microorganismos no ar em ambiente hospitalar. **Materiais e Métodos:** Este projeto tem um desenho de estudo experimental. As amostras de ar foram coletadas na sala de atendimento ambulatorial no serviço de otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do Pavilhão Prof. Francisco Magalhães Netto do Complexo Hospitalar Universitário Professor Edgard Santos (HUPES) em Salvador, Bahia, antes e depois da passagem do ar pelo reator, utilizando-se um impactador com diâmetro de corte de partículas de 0,4  $\mu\text{m}$  por 5 – 10 minutos em membrana de ester de celulose Millipore. Após a amostragem, as membranas foram colocadas nos seguinte meios de cultura: Petrifilm AC contendo ágar padrão a  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por  $48\text{h} \pm 3\text{h}$  para bactérias e para fungos Petrifilm YC contendo ágar Sabouraud, o qual é suplementado com antibiótico, a  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 5 dias. As colônias de fungos e bactérias foram quantificadas em unidades de formação de colônia por metro cúbico, ( $\text{UFC m}^{-3}$ ) sendo os dados analisados estatisticamente com teste Wilcoxon. A eficiência da redução foi calculada por diferença das duas situações. **Resultado:** O sistema resultou na redução média de 90% nas  $\text{UFC m}^{-3}$  de bactérias e 92% nas  $\text{UFC m}^{-3}$  de fungos utilizando a solução de mistura de tensoativos a 1% . Uma redução média de 89% nas  $\text{UFC m}^{-3}$  de bacterias e 90% de redução nas  $\text{UFC m}^{-3}$  de fungos foram obtidas com a neblina sem ativação, indicando a predominância de bioaerossóis hidrofílicos nesse ambiente. **Conclusão:** O sistema de neblina ativada é eficiente na eliminação de bioaerossóis presentes em ambiente internos hospitalares, porém otimizações do sistema se tornam necessárias para elevar o percentual de redução para uma aplicação efetiva.

**Palavras Chaves:** 1. Bactérias, 2. Fungos; 3. Infecção hospitalar, 4. Qualidade do ar, 5. Partículas atmosféricas.

## ABSTRACT

### FEASIBILITY OF APPLICATION OF ACTIVATED FOG IN BIOAEROSOLS REDUCTION IN HOSPITALS

The quality of the hospital environment is affected by the presence of bioaerosols in which microorganisms can proliferate uncontrollably, if measures to control air quality are not adopted. The lack of control of bioaerosols in hospitals may have consequences for the health of their workers and patients. **Objective:** To test the activated fog system as a method for indoor reduction of microorganisms in hospitals. **Materials and Methods:** This project is an experimental design study. Air samples were collected from the otolaryngology outpatient department and the Medical Service Records and Statistics (SAME) office in the Prof. Francisco Magalhães Neto Pavilion of the Professor Edgard Santos University Hospital Complex (HUPES) in Salvador, Bahia, before and after the passage of air through a reactor with activated fog, using an impactor with a particle diameter cut of 0.4  $\mu\text{m}$  for 5-10 minutes on a Millipore cellulose ester membrane. After sampling, the membranes were placed in the following culture media: agar Petrifilm AC standard 35 ° C  $\pm$  1 ° C for 48h  $\pm$  3h for bacteria and fungi Petrifilm YC Sabouraud agar, which is supplemented with antibiotics at 35 ° C for 5 days. The colonies of fungi and bacteria were quantified in colony forming units per cubic meter (CFU m<sup>-3</sup>) and the data was statistically analyzed by Wilcoxon test. The reduction efficiency was calculated by the difference between the two situations. **Results:** The system resulted in an average reduction of 90% CFU m<sup>-3</sup> of bacteria and 92% CFU m<sup>-3</sup> of fungi using a 1% surfactant mixture solution in water. An average of 89% reduction CFU m<sup>-3</sup> for bacteria and 90% reduction of fungi CFU m<sup>-3</sup> was obtained for the fog reactor activation indicating the predominance of hydrophilic bioaerosols in both environments. **Conclusion:** The activated fog system is efficient in removing bioaerosols present in indoor hospital environments, but optimization of the system is necessary to increase the reduction for effective application.

**Keywords:** 1. Bacteria, 2. Fungi; 3. Infection, 4. Air quality, 5. Atmospheric particles.



## **I. OBJETIVOS**

### **I.1 Objetivo Geral**

Testar o sistema de neblina ativada como método de redução de microorganismos no ar em ambiente hospitalar.

### **I.2 Objetivos Específicos**

1. Quantificar bactérias/fungos no ar.
2. Aperfeiçoar um sistema de produção de neblina ativada para redução de bactérias e fungos no ar.

## II. INTRODUÇÃO

Os bioaerossóis influenciam a qualidade do meio ambiente hospitalar e exige controle. Trabalhadores e pacientes que se encontram no ambiente hospitalar ficam expostos a diversas doenças geradas pelos bioaerossóis, as quais poderiam agravar o estado de saúde dos pacientes, aumentando, como consequência, o tempo de internamento nos hospitais (SANTOS, 2004). Os microorganismos depois de serem dispersados no ar por diferentes meios, podem ficar no ambiente por horas, contaminando materiais, trabalhadores e pacientes, até serem removidos (REBMANN, 2005).

Vários microorganismos podem ser transmitidos por aerossóis, em ambientes hospitalares, como por exemplo, *Staphylococcus aureus* metilino-resistente, *Pseudomona aeruginosa* e *Mycobacterium tuberculosis* que estão descritos como responsáveis por surtos hospitalares relacionados com a contaminação do ambiente (WAN et al, 2004). Microorganismos são capazes de sobreviver em ambientes secos por longos períodos de tempo o que evidencia a necessidade de medidas de controle da qualidade do ar em ambientes hospitalares. Um estudo encontrou que o *Staphylococcus* metilino-resistente, causador de doença em comunidade, também tem causado surtos de contaminação em hospitais, o que pode trazer sérias consequências para pacientes idosos e debilitados. (D'ÁGATA et al, 2009).

Alguns lugares, como os hospitais aumentam a exposição do ser humano a microorganismos, especialmente quando o ar condicionado que deveria ser um aliado na melhora do conforto, se converte num agente dispersor destes agentes, principalmente quando não há manutenção devida dos filtros ou por utilização intermitente. Além do ar condicionado, têm sido identificadas muitas outras fontes de contaminação como: pessoas, ventiladores, nebulizadores, solo, água, poeira, respiradores etc. O número de ocupantes de uma sala tem sido relacionado com uma maior contagem de microorganismos no ar (PEREIRA et al, 2005).

A higienização das salas é um fator muito importante. Um estudo feito em Minas Gerais evidenciou uma maior contagem de microorganismos em salas de cirurgia de hospitais públicos do que em hospitais privados. Isto foi atribuído a um número maior de pessoas nas salas de hospitais públicos e a uma menor aderência das práticas de limpeza e desinfecção das salas destes hospitais (SILVA et al, 2002).

Com o aparecimento dos ambientes climatizados foram aparecendo múltiplas doenças relacionadas com a qualidade do ar. A pouca troca do ar, a diminuição do oxigênio presente no lugar, a alta densidade de pessoas nos recintos e a maior umidade geram um crescimento de microorganismos que vão aerolizar por diferentes mecanismos, chegando a produzir diversas doenças no homem, principalmente no aparelho respiratório, pele e mucosas (SIQUEIRA & DANTAS,1999), o que faz o ar do ambiente uma fonte de propagação de infecções hospitalares. Essas infecções podem ser veiculadas pelo ar utilizando múltiplos transportadores (LUOMA & BATTERMAN, 2001; PEREIRA et al, 2005). Muitos microorganismos, reconhecidos pelo seu potencial patogênico em humanos, têm sido identificados em diferentes ambientes em concentrações maiores das permitidas pelo regulamento (ANVISA, 2000 ).

O desenvolvimento de novas técnicas mais eficientes de redução de bioaerossóis é necessário para aplicação a lugares onde o ser humano é mais suscetível às infecções (AFONSO et al, 2004). O estudo de Pereira e colaboradores (2005) demonstra a necessidade de medidas apropriadas para a manutenção de baixas concentrações microbianas nesses ambientes e ausência de microrganismos que possam significar risco para os seus ocupantes, especialmente quando dentro do ambiente hospitalar se encontram espécies bacterianas que normalmente se encontram em ambientes externos, o que pode representar um grande risco para infecções em áreas críticas.

Um conjunto de tecnologias já foi desenvolvido para reduzir a concentração de bioaerossóis, e assim evitar a proliferação destes, como: filtração do ar, irradiação ultravioleta, controle de pressurização etc. além de outras que estão em

desenvolvimento, como o método da neblina ativada. O método que vamos testar no presente estudo é muito versátil e oferece inúmeras possibilidades de engenharia, inclusive para purificação de recintos fechados. Diante da eficiência comprovada no trabalho de dissertação “Uso de Neblina Ativada para Redução das Emissões e Bioaerossóis em um Aterro Sanitário” (ALVES, 2009), que abateu até 93,5% de bactérias e 93,4% de fungos das emanações para o ar em uma lagoa de concentração de chorume, vislumbramos a possibilidade de aplicar o sistema à purificação de ar hospitalar. Este trabalho dará continuidade a uma linha de pesquisa já existente no Laboratório de Química Ambiental, LAQUAM, do Instituto de Química da UFBA , onde os equipamentos já estão instalados e em pleno funcionamento e a equipe dispõe do conhecimento baseado em trabalhos anteriores.

O sistema de neblina ativada consiste na geração de neblina que contém quantidades mínimas de uma mistura de compostos, entre eles um surfactante que interatua com o bioaerossol, adsorvendo-o e posteriormente conduzindo-o até o esgoto. Visualizamos assim uma solução para a necessidade de técnicas alternativas ou melhores do que as existentes para manter os níveis da flora microbiana baixa e dentro dos valores permitidos pela ANVISA (2000) e, particularmente, de um método que gere pouca contaminação e que seja de baixo custo.

### III. REVISÃO DA LITERATURA

Muitas infecções são transmitidas aos seres humanos e aos animais pelo ar produzindo neles, principalmente, doenças do aparelho respiratório. Os microrganismos causadores destas doenças se depositam nas secreções de nariz e garganta, sendo disseminados pela tosse, espirros e na conversação, conseguindo chegar a velocidades de até 300 km/h com uma produção média de 500 partículas por tosse e de 1800 a 20.000, no espirro. A transmissão aérea não é exclusiva de microrganismos provenientes da via aérea. Bioaerossóis provenientes de outras fontes podem transmitir doenças. (DE LA ROSA et al, 2002). Um resumo de algumas doenças transmitidas por diferente microrganismos são mostradas nas tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1: Doenças bacterianas transmitidas por bioaerossóis (DE LA ROSA et al, 2002)

DOENÇA	BACTERIAS
Amigdalites, faringite e bronquite	<i>Streptococcus pyogenes</i>
Difteria	<i>Corynebacterium difteriae</i>
Pneumonia clássica	<i>Streptococcus pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i>
Meningite, epiglotites	<i>Neisseria meningitidis</i> , <i>Haemophilus influenzae</i>
Tuberculose	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Actinomicose	<i>Actinomyces israelii</i>
Legionellose	<i>Legionella pneumophyla</i>

Tabela 2: Doenças virais transmitidas por bioaerossóis (DE LA ROSA et al, 2002)

DOENÇA	VIRUS (FAMILIA E GENERO)
Resfriado comum	<i>Picornaviridae</i> , <i>Rhinovirus</i>

	<i>Adenoviridae, Mastadenovirus</i>
Gripe	<i>Orthomyxoviridae, Influenzavirus</i>
Bronquite, pneumonia	<i>Paramyxoviridae, Pneumovirus, Adenoviridae, Mastadenovirus</i> <i>Bunyaviridae, Hantavirus</i>
Sarampo	<i>Paramyxoviridae, Morbillivirus</i>
Parotidite	<i>Paramyxoviridae, Rubulavirus</i>
Poliomielite	<i>Picornaviridae, Enterovirus</i>
Varicela	<i>Herpesviridae, Varicellovirus</i>
Rubéola	<i>Togaviridae, Rubivirus</i>
Gastroenterite	<i>Reoviridae, Rotavirus</i> <i>Caliciviridae, Virus Norwalk</i>

Tabela 3 Doenças fúngicas transmitidas por bioaerossóis (DE LA ROSA et al, 2002)

DOENÇAS	FUNGO
Pneumonia	<i>Pneumocystis carinii</i>
Micoses sistêmicas	<i>Cryptococcus neoformans</i> <i>Blastomyces dermatitidis</i> <i>Histoplasma capsulatum</i> — <i>Coccidioides immitis</i> <i>Aspergillus fumigatus</i>
Hipersensibilidade	<i>Aspergillus</i> <i>Penicillium</i> <i>Cladosporium</i>
Micotoxicose	<i>Aspergillus</i> <i>Fusarium</i> <i>Stachybotrys</i>

A infecção hospitalar pode ser definida como aquela adquirida após a admissão do paciente e que se manifesta durante a internação ou após a alta, quando puder ser relacionada com a internação (AFONSO et al, 2006). Ambientes como hospitais e centros de saúde são exemplo de ambientes complexos que precisam de ventilação adequada para o conforto dos pacientes, funcionários e visitantes. Estas pessoas ficam expostas a múltiplos fatores (agente químicos e microbiológicos) sendo mais propensos a apresentar síndrome do edifício doente (WHO, 2000).

Hospitais constituem ambientes que necessitam de maior atenção no que diz respeito ao monitoramento ambiental de áreas críticas e da identificação de possíveis fontes de contaminação/disseminação assim como de possíveis agentes etiológicos envolvidos. Por outro lado, em ambientes climatizados, o acúmulo de umidade e material orgânico em bandejas de ar-condicionado pode torná-las poderosas fontes dispersoras de bioaerossóis (MARTINS- DINIZ et al, 2005).

Afonso e colaboradores (2004) relataram investigações epidemiológicas de surtos de infecção hospitalar, onde os sistemas de ar condicionado foram identificados como fonte de microrganismos causadores de infecção. A bandeja do sistema de ar condicionado é uma das principais fontes de multiplicação microbiana devido à formação de um biofilme que desencadeia a transmissão que por sua vez, aumenta o risco do desenvolvimento de infecções nos pacientes.

As fontes geradoras de partículas capazes de carregar microorganismos causadores de infecção hospitalar podem ser classificadas como internas e externas.

Dentro das externas, destacam-se o solo, a água, o material orgânico em decomposição e a poeira. Quanto às fontes internas, têm-se as pessoas, os ventiladores, o sistema de ar condicionado, os nebulizadores, os pisos, as plantas e certos tipos de alimentos (MOSCATO, 2000). Note-se que a maioria dessas fontes estão dentro do ambiente hospitalar. Um estudo demonstrou que a contaminação ambiental através dos aerossóis bacterianos gerados pelos respiradores é um risco para os pacientes e para a equipe de saúde (D'AGOSTINO et al, 1997). As bactérias e os fungos espalhados são capazes de sobreviver em ambientes secos e na ausência da radiação solar contendo

raios UV, por longos períodos de tempo, podendo afetar especialmente os indivíduos imunocomprometidos (EICKHOFF, 1994).

Em ambientes internos, o material particulado do ar, a baixa taxa de ventilação, a ocupação, a natureza e o grau de atividades exercidas pelas pessoas que ocupam o espaço são alguns determinantes do grau de contaminação do ar (PEREIRA et al, 2005). Assim, contaminantes biológicos como fungos, bactérias, algas, ácaros, entre outros, utilizam o material particulado (pólen, escamas de pele humana, pelos, poeira etc.), como substrato para multiplicar-se. Dessa forma sua população é dobrada a cada 20 segundos (DANTAS, 1998). Por outro lado, diferentes microorganismos presentes simultaneamente podem estabelecer associações, principalmente, fungos e bactérias (KASZNIA-KOCOT, 2007). Vários estudos descrevem os microorganismos prevalentes em ambientes internos climatizados, destacando as bactérias *Legionella pneumophila*, *Bacillus sp*, *Flavobacterium sp*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Neisseria meningitidis*, *Streptococcus pneumoniae*, *Actinomyces sp.*; os fungos *Paracoccidioides sp*, *Penicillium sp*, *Cladosporium sp.* e *Fusarium sp*; e os vírus da influenza e sincicial respiratório (SIQUEIRA, 1999).

O conforto térmico para as pessoas aparece quando surgiram os primeiros ambientes climatizados, no qual a temperatura e umidade do ar eram controladas (SIQUEIRA et al, 2000). A partir da década dos 70, apresenta-se uma diminuição da renovação do ar e da umidade devido à mudança nos materiais de construção, gerando uma diminuição da concentração do oxigênio e umidade do ar no local e provocando lesões nas vias respiratórias, pele e mucosas. Em áreas hospitalares, o risco na transmissão de microorganismos é maior, pois a renovação do ar se faz em percentuais iguais ou inferiores a 10% (BASENGE, 2001, SIQUEIRA et al, 1999). Por essa razão, existe uma preocupação pela qualidade do ar que vem desde tempos atrás, quando Florence Nightingale em seu livro “*Notas de Enfermagem- o que é e o que não é*” fez uma abordagem enfática do ambiente como alterador da saúde do paciente, considerando a renovação, a qualidade e a temperatura do ar como forma de promoção e



manutenção da saúde de quem permanece em um determinado ambiente (NIGHTINGALE, 1989).

No Brasil, como resposta à preocupação mundial com a qualidade do ar de interiores, com a saúde, o bem-estar, o conforto, a produtividade e o absenteísmo ao trabalho, o Ministério de Saúde aprovou a Portaria nº 3523 de 1998 que tem por finalidade diminuir o risco dos usuários devido à permanência em ambientes climatizados (BRASIL, 1998).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA com a resolução RE nº176 de 24 de outubro de 2000, atualizada com a resolução RE nº 9 de janeiro de 2003, cita que: “para os ambientes climatizados de uso restrito, com exigência de filtros absolutos ou instalações especiais, tais como os que atendem a processos produtivos, instalações hospitalares e outros sejam aplicadas as normas e regulamentos específicos”. A Portaria estabelece os seguintes Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados de uso público e coletivo:

-O valor Máximo Recomendável (VMR), para contaminação microbiológica deve ser  $\leq 750$  ufc/ m<sup>-3</sup> para a relação I/E  $\leq 1,5$  (I/E = relação entre espaço interno e externo).

-A Temperatura de Bulbo Seco deverá variar de 23°C a 26°C no verão e 20°C a 22°C no inverno.

-A Umidade Relativa devesa variar em condições internas para o verão de 40% a 65% e para o inverno, deverá variar de 35% a 65%.

-A Taxa de Renovação do Ar mínima será de 27 m<sup>3</sup>/ hora/ pessoa.

-Os Valores Máximos Recomendáveis para contaminação química são  $\leq 1000$  ppm.

-O Valor Máximo Recomendável da velocidade do ar, no nível de 1,5m, é menos de 0,25m/s.

Alem de preconizar a higienização mensal dos componentes do sistema de climatização, semestralmente preconiza-se a limpeza do sistema de dutos de ar e de forros falsos (ANVISA, 2000).

### III. 1 Sistemas de Biorredução

Um conjunto de tecnologias já foi desenvolvido para reduzir a concentração de bioaerosóis tais como: sistemas de isolamento por meio do controle de pressurização, filtração, irradiação ultravioleta, purga do ar exterior, precipitação eletrostática, ionização do ar. Outras tecnologias estão em desenvolvimento como: oxidação fotocatalítica, ozonização do ar, carvão ativado, luzes pulsadas, atomização ultrassônica e atomização microondas. A seguir descrevemos as tecnologias citadas.

#### III.1.1 Filtração:

Consiste em fazer passar o ar que contém as partículas através de fibras muito finas (ver figura 1) o que resulta na alteração do fluxo do ar. Os bioaerosóis com alta densidade não vão mudar a sua direção tão rapidamente, como resultado da inércia, incidindo na fibra e aí sendo detidos. As partículas mais pesadas impactam a fibra diretamente às vezes pela passagem estreita, pela estática elétrica ou, simplesmente, por aderência física (IEC, 2011; CDC 2003).

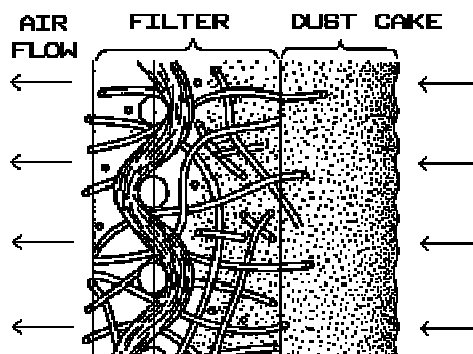


Figura 1– Mecanismo do HEPA (IEC, 2011)

Existem três tipos de filtros para uso em sistemas de ventilação: pré-filtros, filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air) e ULPA (Ultra Low Particulate Air). Os pré-filtros apresentam uma eficiência de 70- 90 %. Um típico filtro HEPA tem uma eficiência de 95% para partículas de 1 micrometro e mostra uma efetividade de 99,97% para remover poeira e partículas de mais de 0,3 micras de tamanho. Os filtros HEPA são comumente encontrados em quartos de isolamento de hospitais, centros cirúrgicos, e de instalações de confinamento nível 3 e 4, assim como em salas limpas industriais (IEC, 2011; CDC, 2003).

Teoricamente, os filtros devem ser altamente eficazes contra bactérias e eficazes contra vírus, mas nem sempre conseguem os limites conseguidos em laboratório. Os filtros HEPA podem remover esporos de bactérias e de vírus com 99,99% de eficácia sob condições de laboratórios, mas essa eficácia pode ser afetada por uma instalação errada e uma manutenção pobre, além da presença de umidade ter o potencial de multiplicar a quantidade de vírus que penetra (IEC, 2011; CDC 2003). A eficácia do sistema de filtração também vai depender da densidade deste e, com o acúmulo de poeira no filtro, a pressão pode cair o que requer uma maior força para manter o fluxo de ar. Para um desempenho adequado, precisa-se de manutenção constante resultando na produção de resíduo sólido –os filtros descartados- sendo que esse descarte tem sido associado a surtos de aspergilose quando se encontra alguma construção perto ou alguma reforma no hospital (CDC, 2003).

### **III.1.2 Controle de pressurização**

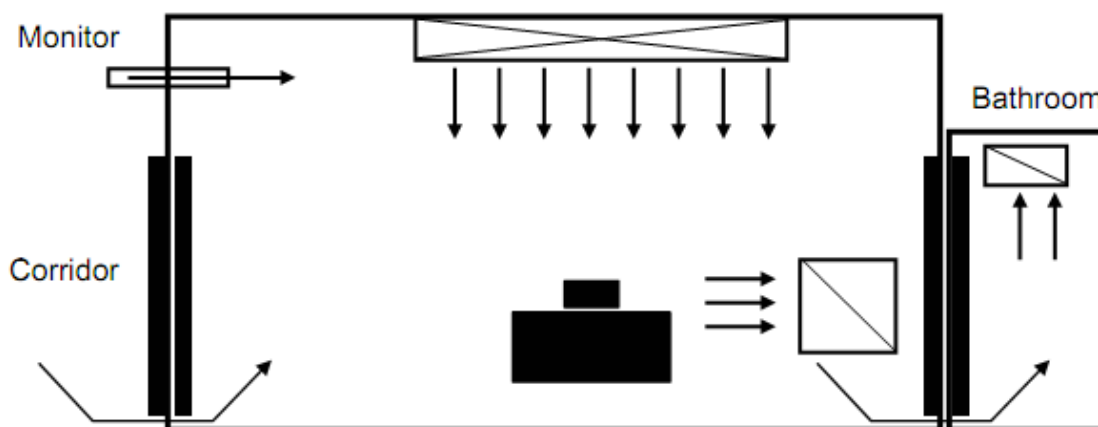
Baseia-se principalmente na diferença de pressão entre dois espaços aéreos adjacentes o qual deve ter portas de auto fechamento para manter a pressão adequada (CDC 2003).

Os sistemas de isolamento podem ser classificados em duas categorias básicas:

- \* Quartos de isolamento de pressão negativa
- \* Quartos de isolamento de pressão positiva

### III.1.2.1 Quartos de isolamento de pressão negativa:

O objetivo dessas salas é manter o fluxo de ar para dentro do quarto, mantendo assim os microorganismos dentro da sala e evitando atingir as áreas vizinhas. É utilizada mais comumente em quartos de pacientes com tuberculose; troca de ar é feita de 6 a 12 vezes por hora e o ar, antes de ser expelido para o exterior é normalmente filtrado por um HEPA (IEC, 2011; CDC, 2003). Ver figura 2



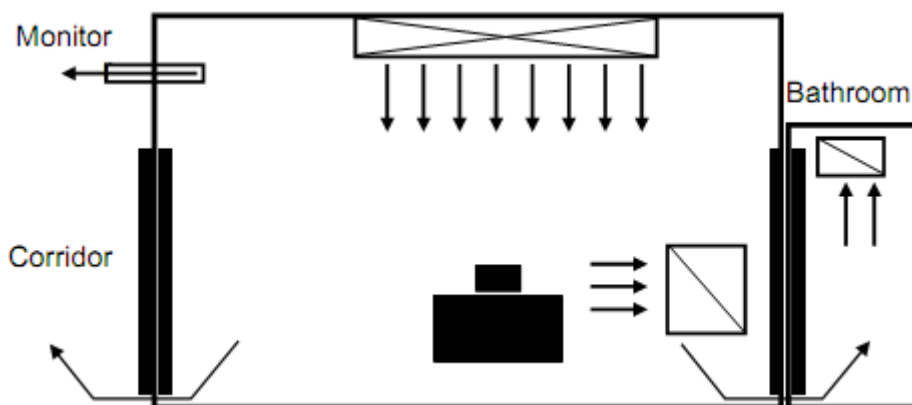
**Figura 2.** . Exemplo de Quartos de isolamento de pressão negativa (CDC, 2003).

Num recinto com várias pessoas presentes, como salas de espera ou ambulatórios hospitalares, os quartos de pressão negativa não eliminam ou reduzem a transferência de bioaerossóis entre as pessoas presentes.

### III.1.2.2 Quartos de isolamento de pressão positiva:

O objetivo é manter o fluxo de ar para fora da sala protegendo assim o paciente do ingresso de possíveis contaminantes e de agentes patogênicos. É utilizado mais em pacientes com imunodeficiência, pois para esses pacientes é muito importante impedir o

ingresso de agentes patogênicos mesmo que normalmente sejam inofensivos a pessoas saudáveis. O ar do quarto normalmente é filtrado através de filtros HEPA (IEC, 2011; CDC 2003). Ver figura 3.



**Figura 3.** Exemplo de Quarto de isolamento de pressão positiva (CDC, 2003)

De forma semelhante aos sistemas de pressão negativa, esse sistema não se aplica a recintos onde estão presentes diferentes pessoas, algumas contaminadas por microorganismos.

### III.1.3 Irradiação Ultravioleta germicida (UVGI)

Aproveitando a susceptibilidade dos microorganismos à radiação ultravioleta, esta técnica é utilizada como método de abatimento. A UVGI é eficaz na redução da transmissão do ar de infecções virais e bacterianas em hospitais e tendo apenas efeito de inativar levemente esporos de fungos. Em ambientes externos, elimina 99% dos vírus e bactérias em poucos minutos. O componente ultravioleta da luz solar é a principal razão pela qual os micróbios morrem no ar exterior. Os micróbios são vulneráveis a comprimentos de onda em torno de 2537 angstroms (253 nm), tendo como efeito a quebra de ligações moleculares do microorganismo o que se traduz num dano celular

desta. Esse mesmo dano também ocorre para os seres humanos, principalmente nos olhos e na pele (CDC, 2003) e por isso só podem ser aplicados em áreas específicas vedadas, sem que haja exposição dos humanos (Figura 4).

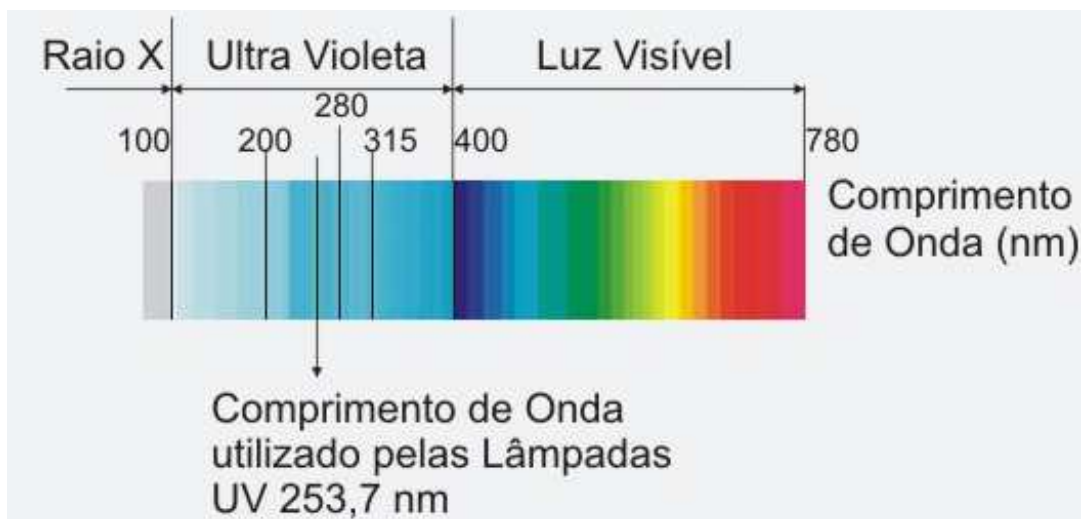


Figura 4. espectro da luz visível

A maioria dos sistemas de UVGI utiliza níveis mais concentrados de luz ultravioleta dos que se encontram na luz solar. Segundo o CDC, o uso de UVGI deve ser utilizado simultaneamente com o filtro HEPA (IEC, 2011; CDC,2003).

Alguns fatores podem alterar a eficácia do UVGI tais como: tempo de exposição; presença de umidade e presença de partículas. As partículas podem ser utilizadas pelos micróbios como meio de proteção e, quando acumuladas nos ambientes, evitam que os microorganismos sejam expostos a luz ultra violeta (XU et al, 2005). Acúmulo de poeira nas lâmpadas, por exemplo, podem reduzir a exposição e o nível de potência que incide no microorganismos.

Os vírus são mais suscetíveis á UVGI do que as bactérias, em comprimentos de onda um pouco acima de 253,7 nm (figura 4). A exposição constante mostrou ser muito eficaz, conseguindo-se o controle do crescimento dos fungos, o qual pode ser devido à inativação dos esporos ou pela redução/interrupção do crescimento miceliano sob exposição continua (IEC, 2011; CDC 2003).

### **III.1.4 Ionização negativa do ar**

A ionização negativa tem o potencial de reduzir a concentração de microrganismos que se encontram livres no ar ou que estão sendo transportados por partículas de poeira. A ionização destes faz com que sejam aglomerados, formando partículas maiores e que sedimentam facilmente. A ionização ocorre em superfícies horizontais e metálicas próximas às unidades de ionização (IEC, 2011). Depois de ter sido utilizada a ionização no ar em um consultório odontológico, os microrganismos foram reduzidos em 32- 52% (GABBAY, 1990). Quando a voltagem de precipitação foi aumentada para 4000 V, foi possível a diminuição de microrganismos em até 70%. No entanto, o aumento do fluxo de microrganismos e partículas diminui a eficiência deste sistema (MAINELLIS et al, 2002).

### **III.1.5 Vegetação**

Alguns estudos mostram o uso de vegetação como um meio de eliminar ou reduzir os níveis de microrganismos no ar. As plantas podem reduzir os microrganismos por muitos motivos como, por exemplo, a superfície de grande quantidade de vegetação pode adsorver ou absorver micróbios e poeira, o oxigênio gerado por estas pode ter efeito oxidante sobre os microorganismos (IEC, 2011). A desvantagem é que o fato de manter grandes quantidades de vegetação dentro do local pode aumentar a presença de fungos devido a um aumento da umidade (IEC, 2011).

## **III.2 Sistemas em Desenvolvimento**

### **III.2.1 Oxidação fotocatalítica**

Consiste na radiação de energia de um comprimento de onda determinado com a finalidade de promover elétrons da banda de valência para a banda de condução, desta

forma causando uma reação química. Um exemplo disto é o óxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) que é um semicondutor fotocatalítico, o qual quando irradiado com fótons de menos de 385 nm, onde um elétron é promovido da banda de valência para a banda de condução, permitindo a sua participação na reação química. Desta forma, este material catalisa reações que liberam radicais hidroxilas e íons superóxido. Essas espécies são altamente reativas, oxidando os compostos orgânicos voláteis (COV) eliminando e descompondo também bioaerossóis adsorvidos. O processo é chamado de foto-catálise heterogênea ou oxidação fotocatalítica (IEC, 2011). A sua eficiência pode ser diminuída pelo acúmulo de poeira e microrganismos depositados na superfície de contato, da mesma forma como acontece com o método da luz ultravioleta, impedindo a ativação da superfície de contato (VOHRA et al, 2006).

### **III.2.2 Ozonização do Ar**

Neste sistema, o ozônio é injetado e misturado dentro de um reator, que contém um agitador que mistura o ar com ozônio, o que garante a ozonização dos compostos orgânicos, incluindo os ácidos nucleicos de vírus e bactérias (IEC, 2011).

A ozonização tem-se revelado extremamente eficaz em sistemas de água, mas até ao momento, nenhum sistema desenvolvido e provou ser seguro e eficaz para o ar (IEC, 2011).

### **III.2.3. Adsorção de Carbono**

Os fungos e bactérias pode produzir gases, como por exemplo o ácido butírico, que poderiam afetar o conforto das pessoas. O carbono é utilizado principalmente para a remoção de gases e vapores. É eficaz contra os compostos orgânicos voláteis (COV), mas não é usado para controle de poeira ou microrganismos. Esta técnica depende do uso de materiais como carvão ativado que possui uma grande área de superfície por unidade de massa, permitindo assim a remoção de gases produzidos por fungos e bactérias, mas pode ter uma baixa adsorção para microrganismos (IEC, 2011).



### III.3 Redução de Microrganismos pelo Método de Neblina Ativada

Esta técnica consiste na geração de neblina que contém quantidades mínimas de um ou mais compostos, que se encarregam de interatuar com os bioaerossóis, adsorvendo-os na gotícula de neblina para posteriormente conduzi-los até o esgotamento. O tamanho, a quantidade e a distribuição das gotículas têm um papel importante na eficiência da remoção das partículas de menor tamanho, suspensas no ar. Um tamanho menor de partícula e com uma quantidade maior de gotículas aumenta a superfície de contato disponível para a adesão de partícula de menor tamanho, aumentando a eficiência do sistema na eliminação (LIM et al, 2006). Este processo se apresenta na natureza por meio de vários mecanismos e entre os quais: o spray marinho, sendo percebido no trabalho de Tavares et al 2006 uma neutralização da acidez da chuva devido a interação com o spray proveniente das microgotas, que são despreendidas pelo vento, das ondas do mar; a chuva que se encarrega de absorver e adsorver gases e material particulado nas gotas produzindo a precipitação destes (SHUKLA et al, 2008 ) e a neblina que produz a diminuição de compostos químicos e material particulado presente no ar(JAESCHKE et al, 1998).

A neblina é uma suspensão de gotículas que resultam da condensação que ocorre junto a uma superfície, pelo resfriamento do ar quente e úmido quando entra em contato com o solo frio ou com uma superfície líquida. O ar quente perde calor, fazendo que a água se condense; de 1 grama de água/ m<sup>3</sup> pode produzir-se uma neblina densa. As gotículas de neblina tem um tamanho de até 10µm, o que permite a adesão de bactérias de tamanho de 0,5-2,0µm, de fungos de tamanho de 2,0- 2,5 µm de diâmetro, e de vírus de tamanhos menores que 0,5 até 0,01 µm, uma vez que estes microrganismos se comportam como partículas suspensas no ar e, portanto, podem ser eliminadas pelo sistema (STETZENBACH e al, 2004).

### III.3.1 Tecnologia de Neblina Ativada

Baseado nos processos naturais de limpeza do ar através da chuva, do “spray” marinho e em especial da neblina, foi desenvolvido um sistema de abatimento de gases em pocilgas (criadouros de porcos) que, além de diminuir os gases produzidos no processo de criação, melhorou a qualidade do ar do ambiente (JAESCHKE et al, 1998).

Nesta técnica, é gerada a neblina ativada que contém concentrações mínimas de surfactante, o que produz adsorção e absorção de partículas (bioaerossóis) com a, conseqüente eliminação destas através do esgoto.

O equipamento é composto por:

**-Aspirador de ar:** encarregado de extrair o ar do ambiente e conduzi-lo até o reator.

**- Reator:** consiste em um tubo de PVC de 3 m de comprimento, encarregado de fazer a interação do ar com a neblina para que seja produzida, dentro deste, a adsorção e absorção dos bioaerossóis. Dentro de este reator encontramos:

**Laminador:** encarrega-se de laminar o fluxo turbulento proveniente do aspirador e assim facilitar os processos de adsorção e absorção.

**Aspersores:** produzem as gotículas de neblina; os utilizados neste trabalho foram aspersores de impacto de alta pressão com orifício de 152  $\mu\text{m}$  de diâmetro e pino de impactação frontal que a pressões de 50 - 70 bar são capazes de produzir gotas de 3 a 4  $\mu\text{m}$  de diâmetro e que consomem 0,18 litros de água por minuto. Ver figura.5

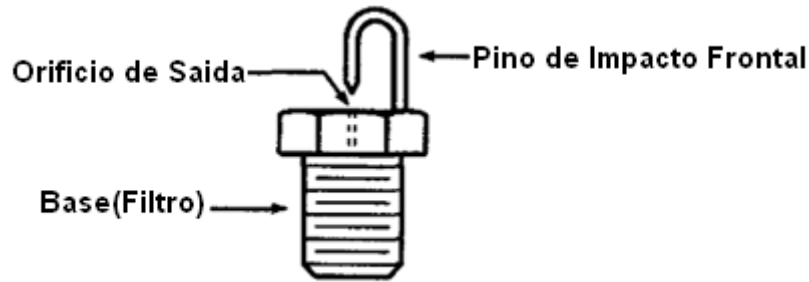


Figura 5. Aspersor de Impactação Frontal. (SUTHERLAND et al, 1996)

-**Desnebulizador:** encontra-se na parte final do reator; está composto por fibras de aço e fibra de polímeros dispostas, de tal jeito que serve como obstáculo das gotículas de neblina, fazendo com que estas se precipitem sendo descartadas até o esgoto.

- **Bombas:** cada uma delas leva a solução até os aspersores para que seja aerolizada dentro do reator; as bombas podem trabalhar com pressões desde 20 bar até 100 bar.

### III.3.2 Produção da Neblina ativada

Na natureza a neblina forma-se como resultado da condensação do vapor de água ao entrar em contato com superfícies mais quentes. No laboratório, reproduzimos o tamanho das gotículas de neblina utilizando aspersores de impacto frontal de alta pressão onde o jato de água, que primeiro passa por um filtro de poliestireno chega até o aspersor, bate contra o pino central disposto em frente do orifício de saída de 152  $\mu\text{m}$  de diâmetro; este jato sai com pressão de 70 Bar produzindo gotículas que tem características similares as produzidas na natureza (SUTHERLAND et al, 1996). O processo é resumido a seguir:

-A água, que contém o surfactante, é bombeada até os aspersores;

- O fluxo de água passa a través do filtro interno contido no aspersor.
- A mistura química atravessa o orifício de saída micrométrico.
- O jato bate no pino central, produzindo um “spray” cônico com microgotas de neblina

### III.3.3 Interação da Neblina com as Partículas em suspensão

A neblina formada pelos aspersores entra em contato com o ar, que provém do local de amostragem, o ar é aspirado pelo aspirador e laminado ao interior do reator. As microgotas de neblina ativada mistura-se com o ar propiciando a interação das microgotículas com os microorganismos.

Os Surfactantes ou tensoativos são compostos orgânicos, constituídos por moléculas anfifílicas contendo partes polares (cabeça) e apolares (cauda) como observado na figura. 6

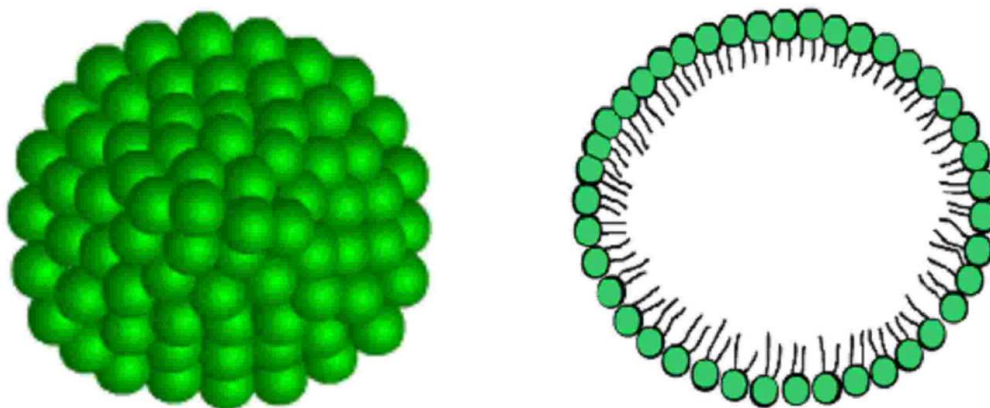


Figura 6. Micela

Em meio aquoso, acima de uma determinada concentração, os surfactantes formam micelas e outros agregados, nos quais a porção lipofílica das moléculas ou íons fica orientada para o interior da micela e apenas os grupos polares ficam na parte externa, em contato com a água.

Forças eletrostáticas concentram compostos hidrofílicos junto à superfície de micelas e os compostos lipofílicos podem ser solubilizados em seu interior. Os

microorganismos podem apresentar propriedades hidrofílicas ou lipofílicas devido a que a sua membrana é composta por uma camadas de lipídios o que faz com que possam ser capturados pela neblina, seja ativada ou não.

Os bioaerossóis com características hidrofílicas podem ser considerados como partículas dissolvidas em água em suspensão no ar.

O processo de interação se apresenta da seguinte maneira:

- O aspersor de impacto frontal nebuliza a água que contém o surfactante, gerando as gotículas.

-O surfactante se localiza na superfície da gotícula, gerando uma camada pouco polar na superfície desta.

- As partículas suspensas no ar são adsorvidas e absorvidas pelas gotículas de neblina devido a que a superfície tem caráter lipofílico, podendo depositar compostos orgânicos como gases e bioaerossóis. Ver figura 7.

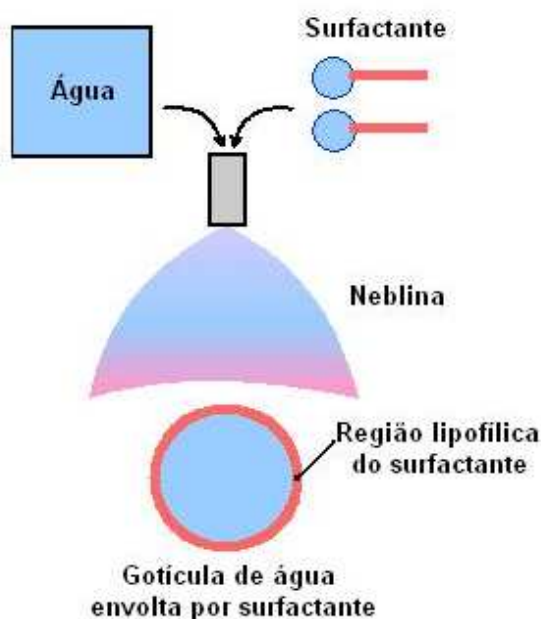


Figura 7 – Produção de neblina contendo surfactante e outras substâncias a partir do nebulizador. *Fonte: Centro de Pesquisas Ambientais da Universidade de Frankfurt - Alemanha (ZUF), cedido pelos autores*

Alguns fatores podem modificar o processo de interação das partículas com a micela. Por exemplo, a umidade faz com que o raio das partículas aumente (SINCLAIR et al, 1974) ao aderirem umas a outras, diminuindo assim a superfície de área disponível para fazer contato com o surfactante e, conseqüentemente, diminuindo a eficiência do método (FURUUCHI et al, 2005; JAMRISKA et al, 2008).

### III.3.4 Vantagens do Método da Neblina Ativada

Provavelmente, o processo não é gerador de poluição adicional porque as quantidades dos compostos químicos contidos na neblina (muitas vezes já presentes na natureza nestes níveis) é na faixa de partes por bilhão, e que será transformado em sal ou outro composto não tóxico possivelmente, existente na natureza.

- Eficiência na redução da emissão atmosférica de bioaerossóis
- Absorção de bactérias e fungos, já comprovada (ALVES, 2009)
- Baixo custo de investimento e operação
- Operação contínua e constante
- Facilidade de instalação, operação e manutenção
- Versatilidade e possibilidade de adaptação a situações específicas
- Fácil otimização em laboratório para cada caso
- Isento de resíduo sólido
- Ausência de toxicidade e baixo volume de resíduo líquido
- Peças que podem ser adquiridas no país, facilitando a otimização do método.

As vantagens e desvantagens das diversas técnicas de bio-redução estão apresentadas na tabela 4:

Tabela 4. Técnicas de Bio-redução vs neblina ativada: vantagens e desvantagens

<b>Método</b>	<b>Mecanismo</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Filtração</b>	O ar passa através de fibras muito finas,	Efetividade de	-Eficiência é reduzida com a presença de

	alterando seu fluxo impactando as partículas sobre as fibras	99,97%. - efeito significativo na redução de bactérias, vírus e fungos no ar,	umidade o com condições do fluxo de ar fora das especificações. -Produção de resíduo sólido  -favorece o crescimento de microorganismos dentro do próprio filtro.  - precisa troca de filtro, periodicamente
<b>Controle de Pressurização</b>	Baseia-se no controle de pressão da sala de isolamento para evitar a contaminação		Precisam do HEPA para ser eficientes.  Difícilmente mantém a pressão adequada
<b>Irradiação Ultravioleta Germicida</b>	Irradiação ultravioleta germicida (UVGI) para a esterilização de microorganismos	-Elimina 90 - 99% das bactérias e vírus em minutos.	-as pessoas podem ser afetadas.  -alguns microorganismos são resistentes  -a eficácia pode ser afetada por: Tempo de exposição, umidade, poeira nas lâmpadas e falta de manutenção.
<b>Ionização Negativa do Ar</b>	Faz a ionização dos bioaerosóis e de partículas de poeira por aglomeração de partículas que sedimentam facilmente	-Reduz a poeira capaz de transportar microorganismos.  -Reduz microorganismos em 32- 52%	-A umidade afeta a efetividade.
<b>Vegetação</b>	Adsorção e absorção de microorganismo.  Efeito oxidante do oxigênio sobre os microrganismos.	-Alguns micróbios produzem desinfecção.	-Precisa de grandes quantidades de plantas para obter o efeito  -O alto nível de umidade pode favorecer a reprodução de fungos.

<b>Neblina ativada</b>	<p>Geração de neblina que contem quantidades mínimas de uma mistura química contendo surfactante que se encarrega de interatuar com os bioaerossóis fazendo que a gotícula de neblina adsorva este para posteriormente conduzi-lo até o esgotamento</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Eficiência de 93,5% na redução da emissão atmosférica de bioaerossóis</li> <li>-Absorção de bactérias e fungos</li> <li>-Baixo custo de investimento e operação</li> <li>-Operação contínua e constante</li> <li>-Fácil instalação e operação manutenção</li> <li>-Versatilidade e possibilidade de adaptação a situações específicas</li> <li>-Ausência de toxicidade e baixo volume de resíduo líquido</li> </ul>	<p>-Técnica nova ainda em estudo.</p>
------------------------	---	---	---------------------------------------



## **IV. PARTE EXPERIMENTAL**

### **IV.1 Otimização da Técnica**

Diversos testes foram realizados no laboratório 419 do Laboratório de Química Analítica Ambiental – LAQUAM, no Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia; estes testes seguem as mesmas etapas do método aplicado nos locais de amostragens (explicado no item IV.3, a seguir). Nesta amostragem, foi utilizada uma lamparina de Bunsen, que evita a contaminação do meio de cultura, por microorganismos que se encontram no ar e que poderiam se depositar no papel de filtro utilizado para a cultura. Nas amostragens no complexo HUPES não foi possível a utilização da lamparina, porque o álcool produz um cheiro forte que causaria desconforto nas pessoas que se encontravam no local. No SAME, as pastas feitas de papel representam um alto risco para incêndio e o vento não permitiu o uso seguro desta fora dos locais onde foram feitas as amostragens. O número de amostras coletadas é detalhado na tabela 5

A realização das amostragens no laboratório 419 do Instituto de Química permitiu a equipe:

1. Familiarizar-se e adquirir destreza com os equipamentos de coleta de partículas e reator com neblina ativada;
2. Adquirir experiência com a montagem e desmontagem do sistema para uso rápido em campo.
3. Adquirir experiência com a cultura de bactérias e fungos
4. Identificar um sistema químico de ativação da neblina que assegurasse redução de bactérias e fungos.

### **IV.2 Locais de Amostragem**

Este trabalho teve como locais de amostragem: a) a sala de atendimento ambulatorial no serviço de otorrinolaringologia e b) no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do Pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Universitário Professor Edgard Santos (HUPES), situado na Rua Padre Feijó

na cidade de Salvador no Estado da Bahia. Esta unidade hospitalar pasava por uma reforma nos dias das amostragens, o que não impediu o atendimento normal de pacientes.

A unidade de otorrinolaringologia está destinada ao atendimento ambulatorial de pacientes externos. Este local tem uma área de 75 m<sup>2</sup>, fluxo médio de 50 pacientes por dia. Também tem dois aparelhos de ar condicionado; os quais se encontram higienizados e com manutenção, segundo a legislação (informação obtida junto á do ambulatório). A sala era higienizada com uma frequência de duas vezes ao dia com hipoclorito de sódio diluído em água. O local se encontra no segundo andar da edificação sendo a amostragem inicial feita dentro da sala. A coleta de ar a ser tratada no reator, foi feita no mesmo lugar onde foi instalado o impactador de cascata, para a realização da amostragem; através da janela lateral e conduzido, por uma mangueira sanfonada de 10 cm de diâmetro e 4,5m de comprimento, até o reator desde 3.5m de altura sendo ubicado este no jardim interno do hospital como mostra a Figura 8.



Figura 8. Amostragem de ar para redução de bioaerossóis em reator com neblina ativada, onde o ar era bombeado por uma mangueira introduzida na janela.

O SAME é o setor responsável por guardar todos os prontuários existentes na instituição, disponibilizando-os para atendimento e pesquisa. O SAME conta com uma divisão operacional de três áreas de atuação: Guichê de Atendimento, Arquivo Central e Setor de Protocolo ( DA SILVA, 2008). O local de amostragem tem uma área de 100 m<sup>2</sup>, com um fluxo médio de 5 pessoas por dia. A sala possui um ar condicionado com aparência de antigo, funcionando normalmente, mas com água gotejando continuamente

da parede, de tal forma que infiltrava na parte interior da sala e com umidade na parede adjacente dele além de uma janela quebrada, com uma abertura de 10cm aproximadamente. A sala é higienizada uma vez ao dia com desinfetante não especificado. Devido às condições de baixa troca de ar, abundante material particulado proveniente das pastas dos prontuários, sinais de umidade nas paredes (manchas similares a mofo) e pouca iluminação natural, há alta probabilidade de apresentar uma presença de microorganismo, maior a que em outros locais do ambulatório. Observamos poeira acumulada atrás das estantes onde são depositados os prontuários como consequência de uma reforma feita perto do local recentemente. A mangueira para amostragem foi introduzida a traves de uma janela e levada ate a parte central da sala.

### **IV.3.Desenho experimental**

O desenho experimental escolhido consistiu de três etapas:

1°. Amostragem do ar sem utilização do sistema de neblina, para quantificar e caracterizar os microrganismos existentes previamente, antes da redução de bioaerossóis no ar;

2°. Passagem do ar pelo reator contendo a neblina com ativação,

3° amostragem do ar após da utilização do sistema para avaliar a redução de bioaerossóis, pela quantificação e caracterização dos microrganismos persistentes.

#### **IV.3.1 Amostragem de ar**

A amostragem foi feita utilizando-se o impactador de cascata Andersen (figura 9) disponível no Laboratório de Química Ambiental – LAQUAM. O impactador conta com 8 estágios de filtragem, mas foi montado apenas com o último estágio, o qual coleta partículas com diâmetro iguais ou maiores de 0,4  $\mu\text{m}$ , para conseguir coletar a

maior quantidade de bactérias (com diâmetro entre 0,5 e 2  $\mu\text{m}$  aprox.) e fungos (com diâmetro entre 2 e 2,5  $\mu\text{m}$  aprox.) (STETZENBACH e al, 2004).



Figura 9 . Impactador de cascata Andersen, com um estágio.

O ar foi filtrado com uma taxa de vazão fixa de aproximadamente  $28 \text{ L min.}^{-1}$  (medida com um rotâmetro antes e após da coleta de ar), num intervalo de 10 min. O meio de coleta foi membrana filtrante Millipore com éster de celulose com poro de  $0,22\mu\text{m}$  e 90 mm de diâmetro. Após a coleta os filtros foram colocados no meio de cultura adequados. Para fungos, utilizou-se Petrifilm YC que contem nutrientes suplementados com antibióticos e para bactérias, o Petrifilm AC que contem ágar padrão. Os meios de cultura foram guardados e depois transportados até o Instituto de Ciências da Saúde- ICS da UFBA. Antes e depois de cada amostragem, o impactador foi desinfetado com solução de etanol 80%.

As amostragens no hospital foram feitas em quatro dias diferentes no mes de fevereiro, sendo dois dias no serviço de otorrinolaringologia e dois dias no SAME. Foram coletadas 34 amostras no ambulatório e 36 no SAME. Denominamos amostras iniciais aquelas feitas antes da passagem do ar pelo reator e as finais as amostras feitas após a passagem do ar pelo reator contendo neblina. Detalhes numéricos podem ser vistos nas Tabelas 5 , 6 e 7.

Tabela 5. Número de amostras feitas no Laboratório 419 do LAQUAM no Instituto de Química da UFBA, 2011.

	Inicial		Final				Total
	Bactérias	Fungos	Neblina Ativada		Neblina Não ativada		
			Fungos	Bactérias	Fungos	Bactérias	
Nº de Amostras	12	12	6	6	6	6	48

Tabela 6. Número de amostras feitas no ambulatório do HUPES, 2011.

	Inicial		Final				Total
	Bactérias	Fungos	Neblina Ativada		Neblina Não ativada		
			Fungos	Bactérias	Fungos	Bactérias	
Nº de Amostras	8	9	7	6	2	2	34

Tabela 7. Número de amostras feitas no SAME, 2011.

	Inicial		Final				Total
	Bactérias	Fungos	Neblina Ativada		Neblina Não ativada		
			Fungos	Bactérias	Fungos	Bactérias	
Nº de Amostras	9	9	5	5	4	4	36

#### IV.3.2 Descrição do Método de Neblina Ativada e sem ativação.

No método de neblina ativada e sem ativação utiliza-se uma bomba para aspirar ar a ser tratado, um reator de PVC de 3,0 metros de comprimento contendo um laminador de ar, dois geradores de neblina (aspersores de impacto frontal) e um desnebulizador, todos ilustrados na Figura 10. Foi iniciada a amostragem de ar tratado com neblina sem ativação utilizando-se água, no lugar de surfactante, uma vez feita as

amostragens de ar antes e depois de ser tratado se procede a esvaziar a água contida no reator e nas mangueiras para assim proceder a tratar o ar com neblina ativada.

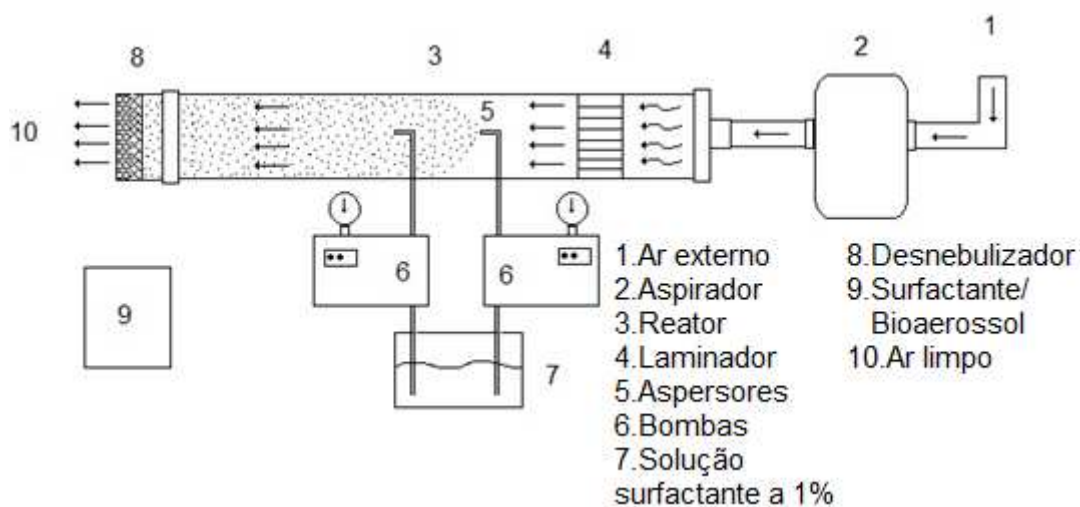


Figura 10 Desenho do Sistema de Neblina Ativada

O ar do ambiente (1) é aspirado(2); e introduzido no reator (3) com um fluxo turbulento, o qual passa pelo laminador (4), obtendo-se assim um fluxo laminar; o qual entra em contato com a neblina gerada pelos aspersores (5) e com ela interage . A neblina ativada é gerada pela aspersão de uma mesma solução de água e surfactante a 1% de patente alemã Hapesol C2-8OCT2 (7) por duas bombas (6) que trabalham com pressões de 60 bar, pressionando-a através de dois *nozzles* (aspersores de neblina), que neste caso tem um tamanho de gotícula menor de 10µm (Figura11).



Figura 11. Nanogotículas de neblina saindo de um dos aspersores no reator de neblina ativada. *Fonte: Centro de Pesquisas Ambientais da Universidade de Frankfurt - Alemanha (ZUF), cedido pelos autores*

Na extremidade de saída do reator é colocado um desnebulizador(8) em forma de tela, que contem uma trama de aço e de fibras de polímero que filtra o ar conseguindo separar o complexo surfactante bioaerosol (9) do ar limpo (10), sendo este complexo descartado no esgoto. Foram feitos múltiplos testes desse sistema no laboratório para aperfeiçoar a tecnica. Nas figuras 12 , observamos o sistema no laboratório.

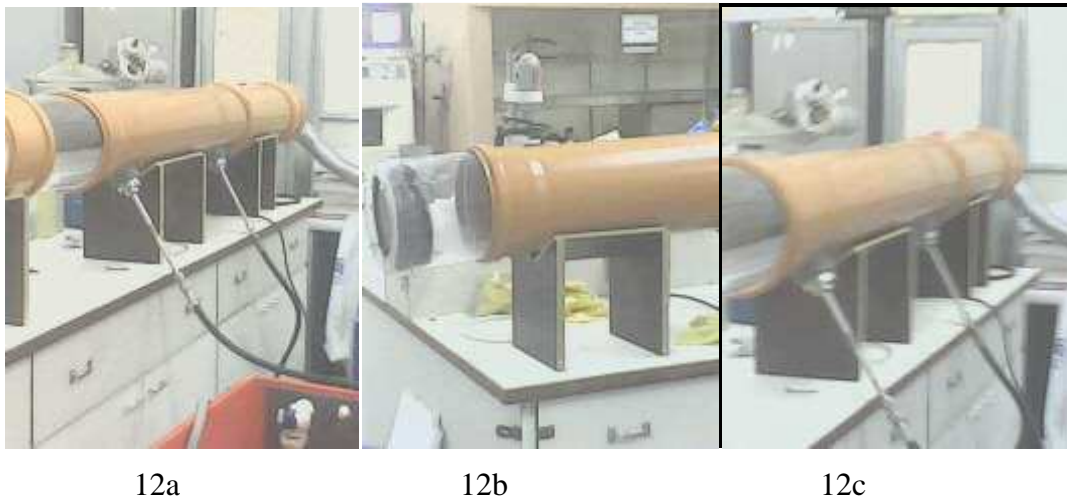


Figura 12. Sistema reator de neblina ativada para redução de bioaerossois para aplicação em ambientes hospitalares, no laboratório.

#### **IV.3.3 Cultura de Microorganismos:**

Para o crescimento de fungos e bactérias aeróbias, foram utilizadas placas *Petrifilm*, compostas por um cartão quadriculado, revestido de polietileno e recoberto com ágar nutriente desidratado, específico para fungos ou bactérias e um gel hidrossolúvel. Estas placas possuem um filme plástico transparente superior que as protege do meio ambiente antes e após da inoculação da amostra; as quais antes de serem levadas para o lugar de amostragem foram hidratadas com 1,5 ml de água e levadas ao refrigerador a temperatura de 2°C a 8°C durante 1 hora com o objeto de gelificar o meio de cultura. A figura 13 mostra a placa *Petrifilm* AC adequada para cultura de bactérias.

Após a amostragem, o material coletado do impactador de cascata Andersen, tanto para fungos como para bactérias, no meio de coleta colocou-se em contato com a superfície da placa que contém o Ágar nutriente já hidratado.

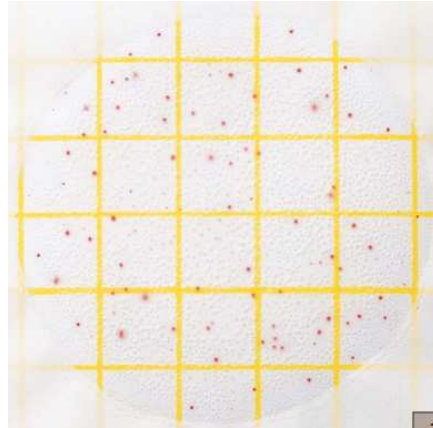


Figura 13 Placa de *Petrifilm* AC para cultura de bactérias

#### IV.3.3.1 Determinação de Bactérias:

A membrana filtrante foi colocada na placa para contagem de aeróbios (*Petrifilm* AC), que contém ágar padrão, um agente gelificante solúvel em água fria e um indicador para facilitar a enumeração das colônias, e, posteriormente levado até a incubadora a uma temperatura de 35°C por 48 horas.

A contagem das bactérias, em UFC m<sup>-3</sup> (Unidades Formadoras de Colônias por metro cúbico), que representa cada propágulo viável de microrganismo capaz de gerar uma nova colônia em meio de cultura e condições apropriadas, foi estimada contando o número de colônias existentes nos filtros inteiros. Nos casos em que a contagem das unidades formadoras de colônia (pontos rosa para aeróbios) era difícil de ser feita em todo o filtro, fez-se um cálculo a partir da contagem do número de colônias existentes em um ou mais quadrados, determinando-se o número médio e multiplicando-se por 20, que é a área total do disco dado pela quantidade de UFC de bactérias (pontos rosa para aeróbios).



#### IV.3.3.2 Determinação de Fungos:

De forma semelhante aquela feita para as bactérias, o meio coletor foi colocado na placa de contagem Petrifilm YC que contem nutrientes suplementados com antibióticos, um agente gelificante solúvel em água fria e um pigmento indicador de cor cinza que facilita a contagem dos bolores. A incubação foi realizada a 22°C durante 3 a 5 dias. Igualmente, a contagem dos fungos, em UFC m<sup>-3</sup> (unidades formadoras de colônias por metro cúbico), foi estimada contando o número de colônias por observação dos pontos cinzas existentes no filtro. Nos casos em que foi difícil a contagem (por um aumento no número de colônias) a quantidade foi determinada contando o número existente em um ou mais quadrados, determinando o número médio e multiplicando este por 20 que é a área total do disco.

#### IV.3.3.3 Quantificação das Unidades Formadoras de Colônias

A quantificação das Unidades Formadoras de Colônias por metro cúbico foi feita por observação direta dos pontilhados formados no meio de cultura, tanto para fungos como para bactérias. O resultado total de UFC era dividido entre o volume (m<sup>3</sup>) de ar filtrado, obtido pela multiplicação do tempo de filtragem pela taxa de vazão, para enfim obter o resultado em UFC/ m<sup>-3</sup>.

Em nosso caso filtramos com uma taxa de vazão de 28 litros por minuto durante 10 minutos o que resultaria em 280 litros no tempo da amostragem que corresponderia a 0.28 m<sup>3</sup> de ar em 10 minutos de amostragem, como vemos na conversão mostrada a seguir.

$$V(m^3) = 280 \text{ l} * 0.001 \text{ m}^3 = 0.28 \text{ m}^{-3}$$

O tratamento estatístico, teste Wilcoxon, foi feito para determinar se havia ou não diferenças significativas entre as medias das amostras antes e depois dos tratamentos com a neblina ativada e sem ativação..

## V. RESULTADOS

### V.1 Dados obtidos no Laboratório 419 do LAQUAM

Diversos testes foram feitos no Laboratório 419 do LAQUAM do Instituto de Química, com o objetivo de otimizar a solução e melhorar a técnica de amostragem, tentando assim reduzir ao mínimo o tempo do procedimento em campo.

A Tabela 8 apresenta concentração de bactérias no ar ( $\text{UFC m}^{-3}$ ) antes e após o tratamentos com neblina ativada e sem ativação

Tabela.8. Desempenho da técnica da neblina ativada para redução da concentração de bactérias no ar do Laboratório 419 do LAQUAM no Instituto de Química, janeiro de 2011.

Data	Amostra	Neblina	$\text{UFC}_i\text{m}^{-3}$ Inicial	$\text{UFC}_f\text{m}^{-3}$ Final	Porcentagem m de redução
17-01-11	1	Ativada	732	58	92
17-01-11	2	Ativada	742	61	91
17-01-11	3	Não Ativada	725	72	90
17-01-11	4	Não Ativada	675	105	90
18-01-11	5	Ativada	767	65	91
18-01-11	6	Ativada	678	59	91
18-01-11	7	Não Ativada	535	83	89
18-01-11	8	Não Ativada	600	65	89
26-01-11	9	Ativada	667	56	91
26-01-11	10	Ativada	650	53	92
26-01-11	11	Não Ativada	717	75	89
26-01-11	12	Não Ativada	535	59	88

O ar amostrado no laboratório 419, após a passagem pelo reator e tratado com a neblina sem ativação apresentou uma diminuição na concentração de bactérias de 88% até 90%; com uma média de redução de 89%. O ar amostrado depois de ser tratado com neblina ativada teve uma redução de 91% até 92% e uma média de redução de 91%.

Tabela 9. Desempenho da técnica de neblina ativada para redução de fungos do laboratório 419 do LAQUAM, Instituto de Química, janeiro de 2011.

Data	Amostra	Neblina	UFC <sub>1m<sup>-3</sup></sub>	UFC <sub>Fm<sup>-3</sup></sub>	Porcentagem de redução
17-01-11	1	Ativada	710	58	92
17-01-11	2	Ativada	642	57	91
17-01-11	3	Não Ativada	632	75	88
17-01-11	4	Não Ativada	750	76	90
18-01-11	5	Ativada	757	69	91
18-01-11	6	Ativada	789	76	90
18-01-11	7	Não Ativada	717	85	88
18-01-11	8	Não Ativada	725	79	89
26-01-11	9	Ativada	775	64	91
26-01-11	10	Ativada	753	64	91
26-01-11	11	Não Ativada	707	82	88
26-01-11	12	Não Ativada	735	85	89

O ar amostrado, no laboratório 419, após a passagem pelo reator e tratado com a neblina sem ativação apresentou diminuição na concentração de fungos de 88% até 90%; obtendo uma redução média de 89%. Para as amostras colhidas após o tratamento do ar com neblina ativada, observou-se-se uma redução de 90% até 92% com uma média de 91%.(Tabela 9)

## V.2 Dados do Pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Universitário Professor Edgard Santos (HUPES)

O sistema de neblina ativado foi testado com ar proveniente do ambulatorial no serviço de otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME)

do Pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Universitário Professor Edgard Santos (HUPES).

### V.2.1 Bactérias

Tabela 10. Desempenho da técnica de neblina ativada para redução da concentração de bactérias no ar antes e após o uso da neblina ativada ou não ativada, no ambulatório do serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES), Salvador, Bahia, 02-2011.

Data	Lugar	Amostra	Neblina	UFC <sub>I</sub> m <sup>-3</sup> Inicial	UFC <sub>F</sub> m <sup>-3</sup> Final	Porcentagem de redução
7-2-2011	Ambulatório	1	Ativada	724	78	89
7-2-2011	Ambulatório	2	Ativada	587	57	90
7-2-2011	Ambulatório	3	Ativada	690	69	90
8-2-2011	Ambulatório	4	Não Ativada	698	74	89
8-2-2011	Ambulatório	5	Não Ativada	684	73	89
8-2-2011	Ambulatório	6	Ativada	735	72	90
8-2-2011	Ambulatório	7	Ativada	886	75	92
8-2-2011	Ambulatório	8	Ativada	751	75	90
9-2-2011	SAME	9	Não Ativada	576	60	90
9-2-2011	SAME	10	Não Ativada	495	52	89
9-2-2011	SAME	11	Ativada	450	43	90
9-2-2011	SAME	12	Ativada	681	67	90
9-2-2011	SAME	13	Ativada	546	50	91
10-2-2011	SAME	14	Não Ativada	628	70	89
10-2-2011	SAME	15	Não Ativada	621	69	90
10-2-2011	SAME	16	Ativada	612	60	90
10-2-2011	SAME	17	Ativada	599	58	90

Em todas as amostras, notou-se consistente diminuição do número de UFC m<sup>-3</sup> final, após o uso da neblina ativada (figura 14) ou não ativada (Figura 15).

Observou-se também que o número de  $\text{UFC}_i \text{ m}^{-3}$  de bactérias encontrado no ambulatório foi, quase sempre, maior do que o número de  $\text{UFC m}^{-3}$  encontrado no SAME (Tabela 10). Possivelmente, esses achados devem-se ao aumento de fatores que propiciam a presença de bactérias como é maior o número de pessoas no local, abertura mais frequente das portas e procedimentos que produzem aerolização de microorganismos.

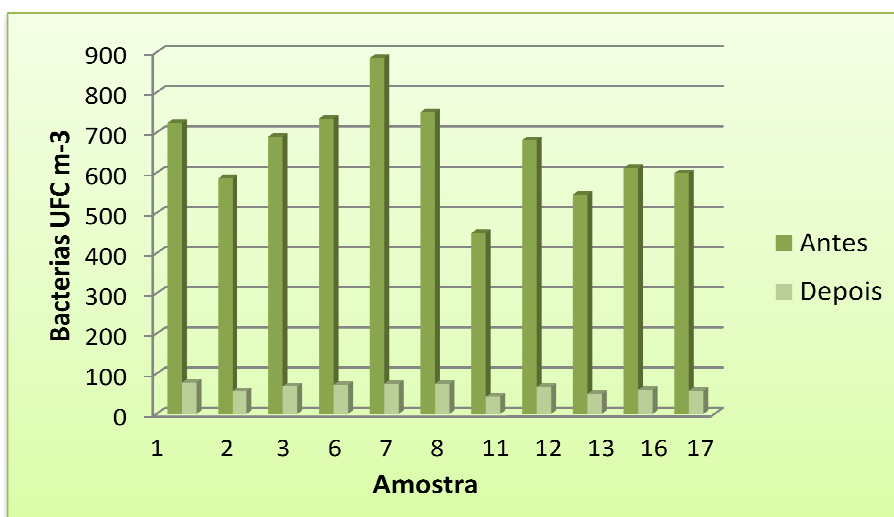


Figura 14. Comparação das  $\text{UFC m}^{-3}$  de bactérias antes e depois do tratamento do ar com a neblina ativada no ambulatório do Serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES) nas amostras, Salvador, Bahia, 02-2011.

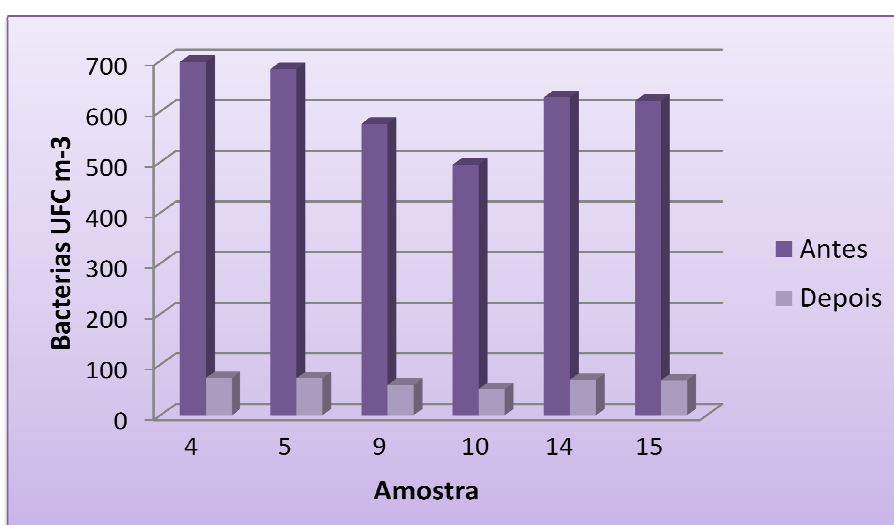


Figura 15. Comparação das  $\text{UFC m}^{-3}$  de bactérias antes e depois do tratamento com neblina não ativada no ambulatório do serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de

Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES) nas amostras, Salvador, Bahia, 02-2011.

O ar amostrado, no ambulatório e no SAME, após a passagem pelo reator e tratado com a neblina sem ativação apresentou diminuição na concentração de bactérias de 89% até 90%; com redução média de 89,5%. O ar amostrado após a passagem pelo reator, fazendo uso de neblina ativada a 1%, apresentou diminuição de 89% até 92%; com redução média de 90% (Tabela 10 e Figura 14). Por tanto, a diferença nas médias de redução após o uso de neblina ativada e neblina sem ativação foi de 0,5%.

Para os dados obtidos de UFC iniciais e UFC finais das amostras feitas no Ambulatório e no SAME, para neblina ativada foi realizado tratamento estatístico utilizando o teste de Wilcoxon no programa *Origin 8*, cujas hipóteses:

H0: A concentração de bactérias no ar não difere significativamente, antes e depois da utilização do sistema, e H1: A concentração de bactérias no ar difere significativamente, antes e depois da utilização do sistema com neblina ativada. Os resultados encontrados estão na Tabela 11.

Hipótese H0 foi rejeitada devido a uma diferença entre as medianas de UFC m<sup>3</sup> antes e depois da utilização, a concentração de bactérias no ar não difere significativamente, antes e depois da utilização do sistema com neblina para um número de amostra n=11, corresponde a 681 UFC e 67 UFC respectivamente

Tabela 11. Teste de Wilcoxon das concentrações de UFC inicial e final de bactérias após o uso da neblina ativada no ambulatório do serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES), Salvador, Bahia, 02-2011.

	<b>n</b>	<b>Minimum</b>	<b>Q1</b>	<b>Mediana</b>	<b>Q3</b>	<b>Maximum</b>
<b>UFC<sub>i</sub></b>	11	450	587	681	735	886
<b>UFC<sub>f</sub></b>	11	43	57	67	75	78
<b>W</b>	<b>Z</b>	<b>Prob &gt; W </b>	<b>Alpha</b>			
66	2,88	9,76	0,05			

De forma semelhante, foi realizado tratamento estatístico utilizando o teste de Wilcoxon no programa *Origin 8*, com os dados obtidos de UFC iniciais e UFC finais das amostras feitas no Ambulatório e no SAME, para neblina não ativada, cujas hipóteses

H0: A concentração de bactérias no ar não difere significativamente, antes e depois da utilização do sistema com neblina não ativada; e H1: A concentração de bactérias no ar difere significativamente, antes e depois da utilização do sistema com neblina não ativada.

Os resultados apresentados na Tabela 12, quais permitem a rejeição da hipótese H0. O valor da diferença significativa, entre as medianas de UFC m<sup>-3</sup> antes e depois da utilização do sistema com neblina não ativada, para um número de amostra n= 6, corresponde a 721 UFC m<sup>-3</sup> e 80,5 UFC m<sup>-3</sup>.

Tabela 12. Teste Wilcoxon das concentrações de UFC inicial e final de bactérias após o uso da neblina não ativada no ambulatório do serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES), Salvador, Bahia,02-2011.

	<b>n</b>	<b>Minimum</b>	<b>Q1</b>	<b>Mediana</b>	<b>Q3</b>	<b>Maximum</b>
<b>UFC<sub>i</sub></b>	6	632	688	721	738	750
<b>UFC<sub>f</sub></b>	6	75	75,7	80,5	85	85
<b>W</b>	<b>Z</b>	<b>Prob &gt; W </b>	<b>Alpha</b>			
21	2,09	0,031	0,05			

## V.2.2 Fungos e Leveduras

Os resultados obtidos para fungos foram apresentados como unidade formadoras de colônias por metro cúbico inicial, UFC<sub>i</sub>m<sup>-3</sup>, para aquelas formadas pela amostragem do ar antes do tratamento e unidade formadoras de colônias por metro cúbico final,

$UFC_{Fm^{-3}}$ , para aquelas formadas pela amostragem do ar após o tratamento com a neblina. A Tabela 13 mostra os resultados obtidos nas amostragens realizada para fungos, observa-se uma diminuição das quantidades de UFC de fungos após da passagem do ar pelo reator quando comparado com a quantidade de UFC antes do uso do mesmo.

Tabela 13. Desempenho da tecnica da neblina ativada para redução da concentração de fungos antes e após o uso da neblina com e sem ativação no ambulatorio do serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES), Salvador, Bahia, 02-2011.

<b>Data</b>	<b>Lugar</b>	<b>Amostra</b>	<b>Neblina</b>	<b><math>UFC_I/m^3</math></b>	<b><math>UFC_F/m^3</math></b>	<b>% de redução</b>
7-2-2011	Ambulatório	1	Ativada	450	41	91
7-2-2011	Ambulatório	2	Ativada	420	39	91
7-2-2011	Ambulatório	3	Ativada	446	41	91
8-2-2011	Ambulatorio	4	Ativada	380	35	91
8-2-2011	Ambulatorio	5	Ativada	400	33	92
8-2-2011	Ambulatorio	6	Ativada	398	39	90
8-2-2011	Ambulatorio	7	Ativada	386	36	91
8-2-2011	Ambulatorio	8	Não Ativada	390	31	92
8-2-2011	Ambulatorio	9	Não Ativada	387	35	91
9-2-2011	SAME	10	Ativada	740	69	91
9-2-2011	SAME	11	Ativada	736	69	91
9-2-2011	SAME	12	Ativada	738	71	90
9-2-2011	SAME	13	Não Ativada	643	64	90
9-2-2011	SAME	14	Não Ativada	652	67	90
10-2-2011	SAME	15	Ativada	699	64	91
10-2-2011	SAME	16	Ativada	710	64	91
10-2-2011	SAME	17	Não Ativada	718	69	90
10-2-2011	SAME	18	Não Ativada	702	67	90



Em todas amostras, observou-se substancial diminuição do número de UFC  $m^{-3}$  inicial e o número de UFC  $m^{-3}$  final, após o uso da neblina ativada (Figura 16) ou não ativada (Figura 17).

O número de UFC inicial de fungos no SAME foi sempre maior do que aquele encontrado no ambulatório. Isto poderia ser pela presença de umidade nas paredes adjacentes a um aparelho de ar condicionado e presença de poeira que poderia servir como mecanismo de transporte de leveduras e bolores.

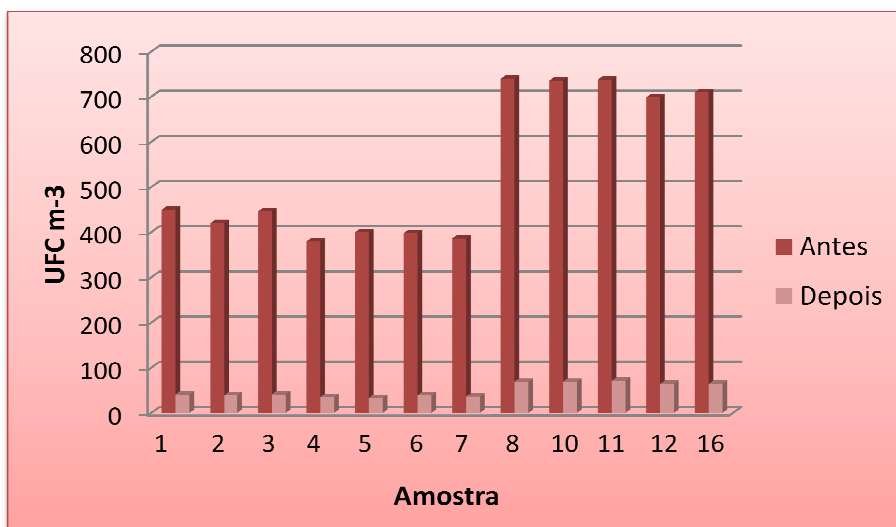


Figura 16. Comparação das UFC  $m^{-3}$  de fungos antes e depois do tratamento do ar com neblina ativada no ambulatório do serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES) em função do número de amostras, Salvador, Bahia, 02-2011.

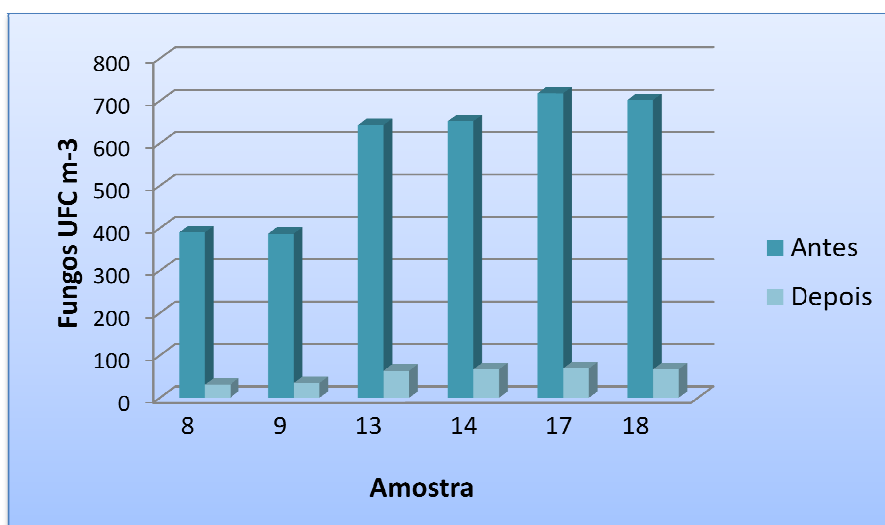


Figura 17. Comparação das UFC m<sup>3</sup> de fungos antes e depois do tratamento do ar com a neblina não ativada no ambulatório do serviço de Otorrinolaringologia e no Serviço de Arquivo Médico e Estatística (SAME) do pavilhão Prof. Francisco Magalhães Neto do Complexo Hospitalar Professor Edgard Santos (HUPES) em função de o número de amostragens, Salvador, Bahia, 02-2011.

O ar amostrado, no ambulatório e no SAME, após a passagem pelo reator e tratado com a neblina sem ativação apresentou diminuição na concentração na faixa de 90% até 92 %; com redução media de 90,5 %. O ar amostrado após a passagem pelo reator fazendo uso de neblina ativada a 1%, apresentou diminuição na faixa de 90% até 92 %; redução media de 91 %. Por tanto a diferença nas médias de redução de UFCm<sup>-3</sup> de fungos no ar após o uso de neblina ativada e neblina sem ativação foi de 0,5%.

Tomando os dados de UFCm<sup>3</sup> iniciais e UFCm<sup>3</sup> finais de fungos, das amostras feitas no Ambulatório e no SAME, para neblina ativada e dando tratamento estatístico com o teste Wilcoxon no programa *Origin 8*, sendo mostrados os resultados na Tabela 14; no qual, as hipótese H0: A concentração de fungos no ar não difere significativamente, antes e depois da utilização do sistema com neblina não ativada, e H1: A concentração de fungos no ar difere significativamente, antes e depois da utilização do sistema.

A hipótese H0, de que a concentração de fungos no ar não difere significativamente, antes e depois da utilização do sistema, é rejeitada devido a uma diferença significativa entre as medianas das UFC antes e depois da utilização do sistema com neblina ativada e para um número de amostras n= 12, corresponde a 448 UFCm<sup>-3</sup> e 41UFC m<sup>-3</sup> respectivamente.

Tabela 14. Teste de Wilcoxon das concentrações de UFC inicial e final de fungos após o uso da neblina ativada.

	<b>N</b>	<b>Minimum</b>	<b>Q1</b>	<b>Mediana</b>	<b>Q3</b>	<b>Maximum</b>
<b>UFC<sub>i</sub></b>	12	380	6398,5	448	729,5	740
<b>UFC<sub>f</sub></b>	12	33	36,75	41	67,7	78
<b>W</b>	<b>Z</b>	<b>Prob &gt; W </b>	<b>Alpha</b>			
78	3,02	4,88	0,05			

De forma semelhante, foi realizado tratamento estatístico utilizando o teste de Wilcoxon no programa *Origin 8*, com os dados obtidos de UFC iniciais e UFC finais das amostras feitas no Ambulatório e no SAME, para neblina não ativada, cujas hipóteses

H0: A concentração de bactérias no ar não difere significativamente, antes e depois da utilização do sistema com neblina não ativada; e H1: A concentração de fungos no ar difere significativamente, antes e depois da utilização do sistema com neblina não ativada.

Os resultados apresentados na Tabela 15, quais permitem a rejeição da hipótese H0. O valor da diferença significativa, entre as medianas de UFC m<sup>-3</sup> antes e depois da utilização do sistema com neblina não ativada, para um número de amostra n= 6, corresponde a 647,5 UFC m<sup>-3</sup> e 65,5 UFC m<sup>-3</sup>.

Tabela 15. Teste de Wilcoxon das concentrações de UFC inicial e final de fungos após o uso da neblina não ativada.

	<b>N</b>	<b>Minimum</b>	<b>Q1</b>	<b>Mediana</b>	<b>Q3</b>	<b>Maximum</b>
<b>UFC<sub>i</sub></b>	6	3870	389,5	647,5	706	718
<b>UFC<sub>f</sub></b>	6	31	34	65,5	67,5	69
<b>W</b>	<b>Z</b>	<b>Prob &gt; W </b>	<b>Alpha</b>			
21	2,09	0,031	0,05			

## VI. DISCUSSÃO

Como resultado da aplicação do método de neblina ativada, obteve-se uma redução de microrganismos, bactérias e fungos de até 92% do ar nos locais de amostragem. A media de redução para bactérias foi de 90% quando foi utilizada a neblina ativada e, no caso de neblina sem ativação, foi de 89,5%. A pouca diferença entre estes valores de redução possivelmente seja devido a baixa umidade, própria dos meios climatizados, que faz com que as partículas tenham um radio menor; isto trai, conseqüentemente, que a superfície de contato seja maior tornando a neblina sem ativação mais eficiente ao fazer a redução.

No caso dos fungos o promedio de redução chegou a ser de 91% no caso de redução com neblina ativada e 89,5% no caso de neblina sem ativação; observando-se uma diferença só de 0,5% entre a redução com as diferentes neblinas o que poderia ser explicado pela baixa umidade do ambiente.

Ao fazer uma média geral da redução de bioaerossóis observamos que a media de redução utilizando neblina ativada foi de 91% e utilizando neblina sem ativação foi de 90%.

No trabalho Redução das Emissões e Bioaerossóis em um Aterro Sanitário conseguiu-se reduzir a concentração de microrganismos em até 75,6% fazendo uso de neblina sem ativação (ALVES,2009). Esse resultado poderia ser explicado pelo fato da umidade alta do ambiente amostrado, o que diminuiria a superfície de contato, fazendo com que a redução com a água fosse menor. É importante mencionar que o surfactante, de patente alemã, utilizado naquele trabalho foi diferente do utilizado nesta dissertação.

Fazendo a comparação dos resultados da redução de UFC do ambulatório e do SAME encontramos que a média de redução no ambulatório é de 90,16 % e a media de redução no SAME é de 90,2 % , o que mostra que o sistema funciona similarmente nos dos ambientes onde foram feitos os testes; isto permite-nos deduzir, que o sistema reduz as bactérias em dois ambientes diferentes, mesmo que tenham diferenças entre alguns fatores que propiciem a aparição de bactérias, como é o caso do número de pessoas.

Comparando os resultados da redução de UFCm<sup>3</sup> de fungos, do ambulatório e do SAME, encontramos que a media de redução no ambulatório foi de 91 % e a media de redução no SAME foi de 90 %; que o sistema funciono similarmente nos dos ambiente onde foram feitos os testes.

A pouca diferença no resultado poderia ser explicado pela umidade baixa nos espaços fechados e climatizados. A agua que faz parte da umidade de um ambiente se une as particulas e promove a adesão destas entre si; isto faz com que estas fiquem com um radio maior. Nos ambientes climatizados o ar pode ser mais seco o que promoveria a evaporação da agua existente, ficando assim, as particulas com um radio menor disponibilizando uma maior area de contato e tornando o metodo mais efectivo mesmo sendo só utilizando agua como neblina.

O numero de UFCm<sup>3</sup> de fungos achados no SAME foi maior do que achado no ambulatório, o que poderia ser explicado devido à presença de múltiplos fatores de riscos para a sua aparição como são a umidade nas paredes do local, a ventilação escassa, a presença de material poroso (pastas de prontuários) e de material particulado formado como resultado de reformas e construção perto do local de amostragens (ANVISA, 2003).

Para o caso das especificações em nosso sistema, como são tamanho da gota, pressões utilizadas, tempo de amostragem etc. podem ser observada a porcentagem de redução de este em locais fechados.

A qualidade do ar foi avaliada num estudo feito em Florianópolis – Santa Catarina (Brasil); onde o ar foi amostrado de diversos lugares dentro de este hospital , encontrando valores para bactérias de até 843 UFC m<sup>-3</sup> e 591 UFC m<sup>-3</sup> para fungos (QUADROS, 2009), estes resultados são similares aos encontrados nosso trabalho.

Pereira et al. (2005) num estudo que faz a relação entre a concentração do ar em ambiente internos de um hospital em relação à presente no exterior, detectaram concentrações menores de microrganismos no ar em locais com menor número de ocupantes, possivelmente pelo fato de estes serem veículos para transportar microrganismos (PEREIRA et al, 2005) Isto explica os valores de bactérias maiores no ambulatório, onde o número de pessoas que transita é maior do que no SAME .

Outro estudo mostrou uma relação entre a aparição de microrganismos devido a aparição de material particulado e as atividades das pessoas que se encontram num ambiente interno, encontrando que só com o fato de andar é possível colocar material particulado de 5 a 25 $\mu$ m diâmetro a recircular e este converter-se em meio de transporte de microrganismos, além de ter a possibilidade de ser inalada pelas pessoas que ali se encontram sendo mais suscetíveis a apresentar algum tipo de doença pulmonar (LUOMA & BATTERMAN,2001).

## **VI. CONCLUSÃO**

1. O sistema de neblina ativada mostrou-se viável para a redução de bioaerossóis para ambientes internos.

2. Para bactérias a média de redução utilizando neblina ativada foi de 90% e para fungos a média de redução foi 91% quando é utilizada a mistura de tensoativo a 1%.

3. Foram obtidos valores semelhantes nas médias de redução de bioaerossóis fazendo uso de neblina sem ativação.

4. O fato da neblina não ativada captar as bactérias e fungos de forma quase semelhante à neblina ativada, é indicativo que esses microorganismos presentes na áreas internas desse hospital sejam predominantemente de hidrofílico

5. As vantagens de adoção do sistema são a simplicidade, o baixo custo e facilidade de sua construção, disponibilidade de mais de 95% do material necessário fabricado no Brasil, pouca produção de resíduos e risco a saúde dos manipuladores e estabilidade na redução de bioaerossóis.

## **VIII. PERSPECTIVAS DO TRABALHO**

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem a realização de estudos adicionais:

- 1 Testar outras concentrações da mistura tensoativa para otimizar o sistema.
- 2 Testar outras misturas de tensoativo buscando uma maior captação dos bioaerossóis.
- 3 Estudar a possibilidade de substituir as peças importadas por peças nacionais com características similares e assim diminuir os custos.
- 4 Aplicar o sistema a redução de vírus.
- 5 Estudar a possibilidade de instalar um subsistema de eliminação dos microorganismos nos resíduos.
- 6 Identificar os microorganismos que não puderam ser abatidos do ar e estabelecer a sua patogenicidade.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, M.S.M; TIPPLE, A.C.F.V; SOUZA, A.C.S.; PRADO, M.A.; PATRICIA STACIARINI. A Qualidade do Ar em Ambientes Hospitalares Climatizados e sua Influencia na Ocorrência de Infecções. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, v.06, n. 02, p. 181 -188. 2004. Disponível em: [www.fen.ufg.br](http://www.fen.ufg.br).

AFONSO, M.S.M.; SOUZA, A.C.S.; TIPPLE, A.F.V.; MACHADO, E.A.; LUCAS, E.A.; Condicionamento de Ar em Salas de Operação e Controle da Infecção - Uma Revisão. **Revista Eletrônica De Enfermagem**, v.08, n.01, p. 134 -143, 2006. Disponível em: [www.fen.ufg.br](http://www.fen.ufg.br)

Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RE nº 176, 24 de outubro de 2000. Diário Oficial da União, Brasil, <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php>, acessada em 12 de Outubro de 2008.

ALVES, E.E.M. **Uso de Neblina Ativada para Redução das Emissões e Bioaerossóis em um Aterro Sanitário**. Salvador, 2009. Dissertação Mestrado em Saúde Ambiente e Trabalho - Universidade Federal da Bahia. 66 páginas.

BASENGE. Indústria e Comércio Ltda. – Resfriamento Evaporativo do Ar. Disponível em: <http://www.basenge.com.br>, acessada em Outubro 12 de 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 3523, de 28 de Agosto de 1998. Diário Oficial da União. Brasil. Disponível em: <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=295>. Acessada em outubro de 2009.

CAMPOS, V.P.. COSTA, A.C.A.. TAVARES, T.M.. Partial neutralization of rain by seaspray: The case of Reconcavo, Bahia—Brazil. **Journal of Environmental Management**, v.84; p. 204–212. 2007



CDC. Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities. Atlanta. 2003

D'AGATA, E.M.C.; WEBB, G.F.; HORN, M.A.; MOELLERING JR, R.C.; and RUAN, S.; Modeling the Invasion of Community-Acquired Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* into Hospitals. **Clinical Infectious Diseases**. 2009 v. 48, n.3, p. 274–284, 2009

D'AGOSTINO, D. M.; PELLACINE, E.N.; ZECHINELI, C.A.; Aerossol Bacteriano Gerado por Respiradores Mecânicos: estudo comparativo. **Revista da Associação Medica Brasileira**, v.43 p. 15-20. 1997.

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

DA SILVA, J. M. **Os Arquivos Medicos Hospitalares Vistos Como Fonte de Informação para as Pesquisas Científicas: estudo de caso HUPES**. Salvador, 2008 Monografia Arquivologia. Universidade Federal da Bahia. 89 páginas.

DE LA ROSA, M. C.; MOSSO, M. A.; ULLAN, C..El Aire: Hábitat y Medio de Transmisión de Microorganismos. **Observatorio Medio Ambiental**, v. 5, p. 375-402, 2002.

DOUWES, J.; VAN DER SLUIS, B.; DOEKES, G.; VAN LEUSDEN, F.; WIJNANDS, L.; VAN STRIEN, R.; VERHOEFF, A. and BRUNEKREEF, B. Fungal Extracellular Polysaccharides in House Dust as a Marker for Exposure to Fungi: Relations with Culturable Fungi Reported Home Dampness, and Respiratory Symptoms' **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 103, n. 3, p. 494-500.1999.

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

FURUUCHI, M.; GOTOH, K.; KANAOKA, C. The influence of humidity on dry separation of granular particles based on geometrical characteristics. **Powder Technology**, v. 155, n. 2, p. 125-133, 2005.

GABBAY, J. "Effect of ionization on microbial air pollution in the dental clinic." **Environmental Research**.v. 52, n. 1, p. 99, 1990

IEC – Indoor Environment Center / Pennsylvania State University. Disponível em:<<http://www.engr.psu.edu/ae/iec/abe/index.asp>>. Acessado em: janeiro de 2011.

JAESCHKE W, DIERSSEN JP, GÜNTEHER A, SCHICKEDANZ U, WOLF A, RICCI L, ARENDS BG. Mass fluxes and Chemical Pathways During a Fog Event. **Contributions to Atmospheric Physics**, v.71, p. 145-157, 1998.

JAMRISKA, M.; MORAWSKA, L.; MERGERSEN, K. The effect of temperature and humidity on size segregated traffic exhaust particle emissions. **Atmospheric Environment**, v. 42, n. 10, p. 2369-2382, 2008.

KASZNIA-KOCOT, J.; LIS, D.O.; KORDYS-DARMOLIŃSKA, B.; GRZYBOWSKA-CHLEBOWCZYK, B.; WOŚ, H.; GÓRNY, R.L.. Children's Allergic Diseases And Microbial Contamination Of Indoor Air – A Case Report. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**., v.14, p.187-190, 2007.

LIM, K.S.; LEE, S.H.; PARK, H.S. Prediction for Particle Removal Efficiency of a Reverse Jet Scrubber. **Aerosol Science**, v.37, p. 1826 – 1839, 2006.

LUOMA M.; BATTERMAN, SA. Characterization of particulate emissions from occupant activities in offices. **Indoor Air**, v. 11, p. 35-48. 2001.

MAINELIS, G.; ADHIKARI, A.; WILLEKEB, K.; LEEB, S.; REPONEN, T.; GRINSHPUN, S. Collection of Airborne Microorganisms by a New Electrostatic Precipitator. **Aerosol Science**, v. 33, p. 1417–1432, 2002.

MARTINS-DINIZ, J. N.; DA SILVA, R. A. M MIRANDA E. T.; MENDES-GIANNINI M. J. S. Monitoring of airborne fungus and yeast species in a hospital unit. **Revista de Saúde Pública**, v. 39 n. 3, p.398-405, 2005

MOSCATO, U. Hygienic Manangement of air Conditioning Systems. **Societa Editrice Universo**, supl. 02, n. 12, p. 249 – 54, 2000.

NIGHTGALE, F. Notas de enfermagem o que é e o que não é. Tradução Amália Correa de Carvalho. São Paulo: Cortez editora, 1989. In AFONSO, M.S.M.; SOUZA, A. C. S.; TIPPLE, A. F V.; MACHADO, E. A.; LUCAS, E. A. condicionamento do ar em salas de operação e controle de infecção – uma revisão. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, v.08, p 136. 2006.

PEREIRA, R.G.; REIS, D.; AMBRÓSIO JÚNIOR, G.N; RADDI, M.S.G.; PEDIGONE, M.A.M.; MARTINS, C.H.G. Bioaerossóis bacterianos em um hospital. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada.**, v. 26, n. 1, p. 77-81, 2005.

QUADROS, M.E.; LISBOA, H. M.; OLIVEIRA,V.L; SCHIRMER. W.. Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: estudo de caso e análise crítica dos padrões atuais. **Eng Sanit Ambient.**, v. 14, n. 3, p. 431-438, 2009.

REBMANN, T.; Management of Patients Infected with Airborne-spread Diseases: An Algorithm for Infection Control Professionals. **American Journal of Infection Control**. v. 33, n. 10, p. 571-79. 2005.

SANTOS, N. Q.; A Resistência Bacteriana no Contexto da Infecção Hospitalar.**Texto Contexto Enferm.**; v. 13, p. 64-70. 2004

SHUKLA, J.B.. MISRAD, A.K.. SUNDAR, S. NARESHA, R. Effect of Rain on Removal of a Gaseous Pollutant and two Different Particulate Matters from the Atmosphere of a City. **Mathematical and Computer Modelling** v. 48, p.832–84, 2008.

SILVA, C.R.M.; WATANABE, C.M.; DIOGO FILHO, A.; GONTIJO FILHO, P.P.. Centros Cirúrgicos e Microflora Ambiental nas Salas de Cirurgia dos Hospitais de Uberlândia, Minas Gerais. **Journal Bioscience**; v. 18, p. 161-74, 2002.

SINCLAIR, D.; COUNTESS, R.J.; HOOPE, G.S.. Effect of relative humidity on the size of atmospheric aerosol particles. **Atmospheric Environment**, v. 8, n. 11, p. 1111-1117, 1974.

SIQUEIRA, L. F. G. **Síndrome do Edifício Doente, o Meio Ambiente e a Infecção Hospitalar**. In: FERNANDES, A. T.; FERNANDES, M. A. V.; RIBEIRO, N. F. **Infecção Hospitalar e suas Interfaces na Área da Saúde**. São Paulo: Atheneu, 2000, p.1307- 1322.

SIQUEIRA, L. F. G.; DANTAS, E. Organização e método no processo de avaliação da qualidade do ar de interiores. **Rev. Brasindoor**, v. 3, n. 2, 1999.

STETZENBACH, L. D.; BUTTNER, M. P.; CRUZ, P. Detection and Enumeration of Airborne Biocontaminants. **Current Opinion in Biotechnology**, v.15, p. 170–174, 2004.

SUTHERLAND, R.A; YEE, Y.P.; FERNANDEZ, G.L.; MILLARD, J.B. Droplet size and transmittance spectra of mechanically generated water. **Fogs Atmospheric Research**, v. 41, p. 299-319, 1996.

VOHRA, A, GOSWAMI, D.Y., DESHPANDE, D.A., BLOCK, S.S. Enhanced photocatalytic disinfection of indoor air. **Applied Catalysis B Environmental**, v. 65, p.57–65, 2006.

WAN GH, LU SC, TSAI YH. Polymerase Chain reaction used for the detection of Airborne Mycobacterium tuberculosis in health care settings. **Am. J. Infect. Control**, v. 32, p. 17-22, 2004.

WHO – World Health Organization. The Right Indoor Air, Bilthoven, 2000.

XU, P.; KUJUNDZIC, E.; PECCIA, J, MILLIE, P.S., MOSS, G.; HERNANDEZ, M. et al. Impact of environmental factors on efficacy of upper-room air ultraviolet germicidal irradiation for inactivating airborne mycobacteria. **Environmental Science and Technology**, v. 39, n.24, p. 9656–64, 2005.