

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**INVESTIGAÇÃO DE FOCOS DE LEGIONELLA NO SISTEMA
DE AR CONDICIONADO EM DOIS HOSPITAIS DA GRANDE
FLORIANÓPOLIS - SC**

Isabel Medeiros Moreira

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
NOVEMBRO/2008**

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**INVESTIGAÇÃO DE FOCOS DE LEGIONELLA NO SISTEMA
DE AR CONDICIONADO EM DOIS HOSPITAIS DA GRANDE
FLORIANÓPOLIS - SC**

Isabel Medeiros Moreira

**Trabalho apresentado à Universidade
Federal de Santa Catarina para Conclusão
do Curso de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental**

**Orientador
Prof. Dr. Henrique de Melo Lisboa**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
NOVEMBRO/2008**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**INVESTIGAÇÃO DE FOCOS DE LEGIONELLA NO SISTEMA DE AR
CONDICIONADO EM DOIS HOSPITAIS NA REGIÃO DA GRANDE
FLORIANÓPOLIS - SC**

ISABEL MEDEIROS MOREIRA

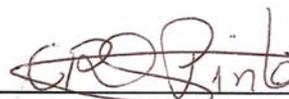
**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos
para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental–TCC II**

BANCA EXAMINADORA:



**Prof. Dr. Henrique de Melo
Lisboa**

(Orientador)



**Prof. Dra. Cátia Regina Silva
de Carvalho Pinto**

(Membro da Banca)



**Prof. Dr. Alexandre Verzani
Nogueira**

(Membro da Banca)

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
NOVEMBRO/2008**

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, Adolfo Carlos Moreira e a minha mãe, Ivone Medeiros Moreira.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Adolfo Carlos Moreira e Ivone Medeiros Moreira e aos meus irmãos Daniel Medeiros Moreira e Tiago Medeiros Moreira, pelo estímulo, apoio, compreensão, amor e carinho em todos os momentos desta minha formação.

Ao meu namorado Alex Vieira Benedet, pela parceria nos estudos, pelo companheirismo, amor e força nos momentos difíceis.

Ao meu orientador, Dr. Henrique de Melo Lisboa, pela liberdade de escolha do tema deste trabalho, confiança, apoio, e oportunidade de aprendizado junto ao Laboratório de Controle da Qualidade do Ar, (LCQAr/ENS/UFSC).

Ao LCQAr pelo apoio financeiro concedido para a realização das análises microbiológicas deste trabalho.

A toda equipe LCQAr, principalmente aos amigos, Gilson, Leonardo, Álvaro, Vicente, Marina e Valéria pela parceria e descontração no dia a dia de trabalho.

A direção e aos funcionários responsáveis pelo sistema de ar condicionado dos dois hospitais em estudo pela autorização e possibilidade de pesquisa em suas instalações.

RESUMO

A poluição do ar interno deve-se a presença de diferentes tipos de poluentes tais como os microbiológicos. Em ambientes hospitalares, este problema merece uma atenção maior, devido ao grande número de pessoas enfermas, com o sistema imunológico fragilizado, o que aumenta o risco de infecções. A *Legionella* spp. é um gênero de bactéria que se desenvolve em ambientes como sistemas de água quentes e frios, em torres de resfriamento, e em bandejas do condensado dos sistemas de ar condicionados. Esta bactéria contamina o ser humano através da inalação de aerossóis de água contaminada. Uma investigação foi feita em dois hospitais da região da Grande Florianópolis – SC, com a finalidade de avaliar os possíveis focos de contaminação ligados ao sistema de ar condicionado, além de incentivar o monitoramento de *Legionella* spp. como forma de prevenção da doença. Amostras de água da torre de resfriamento e da bandeja do condensado do sistema de ar condicionado foram coletadas e analisadas através de processos laboratoriais, desde a concentração da amostra até a inoculação em meio de cultura específico. Nos resultados não foi detectada a presença da bactéria *Legionella* spp. Apesar disso, estes resultados não devem causar uma sensação de segurança, que muitas vezes pode ser falsa, quanto ao risco de contaminação por este tipo de bactéria. Assim, algumas recomendações são sugeridas, entre elas está a repetição das análises em estações do ano mais quentes, condição ideal ao crescimento deste tipo de microrganismo.

PALAVRAS-CHAVE: *Legionella* spp., qualidade do ar interno, sistema de ar condicionado, ambiente hospitalar.

ABSTRACT

The internal air pollution is due to presence of different types of pollutants, such as microbiological. In hospital environments, this issue deserves more attention because of the large number of sick people, with a weakened immune system, which increases the risk of infection. The *Legionella* spp. is a genus of bacteria that grows in areas such as hot and cold water systems, in cooling towers, and trays of condensate from air-conditioned systems. This bacterium infects the human being through inhalation of aerosols from contaminated water. An investigation was conducted in two hospitals in the region of Grande Florianópolis - SC, to evaluate the possible contamination outbreaks linked to the air-conditioning system, and encourage the tracking of *Legionella* spp. as a mean of preventing the disease. Samples of water from the cooling tower and the tray of condensate from the air conditioning system were collected and analyzed by laboratory procedures, since the concentration of the sample to the inoculation in specific culture. In the results, the presence of the bacterium *Legionella* spp. was not detected. Nevertheless, these results should not cause a sense of security, which can often be false about the risk of contamination by this type of bacteria. Thus, some recommendations are suggested, among them is the repetition of tests in the warmer seasons, ideal condition for growth of this type of bacterium.

KEY-WORDS: *Legionella* spp., internal air quality, air conditioning systems, hospital environment.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2. Objetivos Específicos	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1. Histórico	13
3.2. Síndrome do edifício doente e doenças específicas relacionadas a edificações ..	15
Causas prováveis	17
3.3. Microbiologia do ar	18
3.4. Sistema de ar condicionado	20
3.4.1. Componentes do sistema de ar condicionado	21
3.4.1.2. Serpentinhas	22
3.4.2. Tipos de sistemas de climatização	27
3.5. Qualidade do ar interno em hospitais	29
3.6. Infecções adquiridas em hospital	30
3.7. <i>Legionella</i>	31
3.7.1. Estatísticas	32
3.7.2. Formas de contrair as Legioneloses	34
3.7.3. Fatores de risco	36
3.7.4. Diagnóstico	37
3.7.5. Formas de prevenir	38
3.7.6. Torre de resfriamento	41
3.7.7. Águas potáveis	43
3.8. Métodos de detecção e amostragem de <i>Legionella</i> spp	44
3.8.1. Cultura de amostras de água	45
3.8.2. Cultura de amostras de ar	45
3.8.3. Outros métodos para detectar <i>Legionella</i> spp	46
3.9. Legislação	47
4. MATERIAIS E MÉTODOS	48
4.1. Locais de estudo	48

4.2. Pontos de amostragem	48
4.3. Amostragem de <i>Legionella</i> spp.	51
4.3.1. <i>Procedimentos de coleta</i>	51
4.3.2. <i>Procedimentos Laboratoriais</i>	54
4.3.2.1. <i>Concentração da amostra</i>	54
4.3.2.2. <i>Inoculação no meio de cultura</i>	55
4.3.2.3. <i>Incubação das amostras</i>	56
4.3.2.4. <i>Exame das culturas</i>	56
5. RESULTADOS	57
6. DISCUSSÃO	60
7. CONCLUSÕES	63
8. RECOMENDAÇÕES	64
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXO 1	72

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, é crescente o número de estudos sobre a qualidade do ar interno em diferentes edificações. Muitas dessas pesquisas demonstram que o ar interno de casas, hospitais ou edifícios comerciais, pode ser mais prejudicial à saúde humana, do que o dos ambientes externos em regiões com grande número de veículos ou indústrias poluidoras.

A Síndrome do Edifício Doente e a Doença Relacionada aos Edifícios são expressões que foram criadas para designar problemas ocasionados ao desconforto e a saúde humana em ambientes internos de edifícios. Um dos principais vilões destes problemas, apontado por vários autores, é o sistema de ar condicionado mal operado ou em situação de manutenção infreqüente.

Em hospitais, o problema de poluição do ar interno merece ainda mais atenção e cuidados. Isso porque, grande parte das pessoas presentes neste ambiente, encontra-se imunocomprometidas por diferentes doenças, o que facilita, por exemplo, a demora na recuperação e os surtos de infecções hospitalares ocasionados por tais poluentes.

A presença e a quantidade de poluentes microbiológicos, tais como, bactérias e fungos no ar de um ambiente hospitalar, depende diretamente das fontes de contaminação, geradas, por exemplo, dentro do próprio ambiente, como também originadas do sistema de ar condicionado.

Os microrganismos podem alcançar o trato respiratório humano, pela inalação de aerossóis contendo bactérias, tais como *Legionella* spp. Entre os vários tipos de legioneloses que podem provocar doenças ao homem destaca-se a *Legionella pneumophila* que pode causar uma pneumonia grave, de rápida progressão, acompanhada de sintomas como febre, mal-estar, mialgia e tosse. As principais fontes de proliferação desta bactéria estão relacionadas a fatores como a contaminação da água das torres de resfriamento e na bandeja do condensado do sistema de ar condicionado do hospital.

A resolução número 9, de 16 de janeiro de 2003 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, sobre “*Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interno em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo*”, recomenda que sejam adotados, para fins de pesquisa, a avaliação de bactérias em

locais como reservatórios com água estagnada, as torres de resfriamento e na bandeja do condensado do sistema de ar condicionado.

O presente trabalho envolveu dois hospitais na região da Grande Florianópolis e contou com o apoio do Laboratório de Controle da Qualidade do Ar (LCQAr/ENS/UFSC). Ele se insere na linha de pesquisa desenvolvida pelo LCQAr sobre qualidade do ar interno, especialmente em hospitais, tendo sido objeto recente de dissertação de mestrado. Amostras de água foram coletadas na bandeja do condensado e na torre de resfriamento do sistema de ar condicionado destes dois hospitais em estudo, para posterior análise laboratorial e investigação da presença de *Legionella* spp. nestes locais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é investigar a presença de *Legionella* spp. nas torres de resfriamento e nas bandejas do condensado dos sistemas de ar condicionado de dois hospitais da região da Grande Florianópolis - SC.

2.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos do trabalho pode-se citar:

- Avaliar a torre de resfriamento do sistema de ar condicionado como possível foco de *Legionella* spp. em dois hospitais da Grande Florianópolis;
- Avaliar a bandeja do condensado do sistema de ar condicionado como possível foco de *Legionella* spp. em dois hospitais da Grande Florianópolis;
- Levantar as possíveis condições que possam influenciar nos resultados das análises;
- Analisar a legislação de qualidade do ar interno existente no Brasil em relação a bactéria *Legionella* spp.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Histórico

Segundo Spengler *et al.*, (2004), as primeiras pesquisas sobre os possíveis riscos para a saúde que a poluição do ar interno pode provocar datam de meados dos anos de 1960. Alguns dos primeiros estudos trataram sobre os riscos para a saúde respiratória provocados pelo tabagismo dentro de casa.

Já de acordo com Dilguerian (2005), até a década de 70, a preocupação com a qualidade do ar limitava-se ao ar externo, devido aos grandes índices de poluição provenientes de contaminantes como o gás carbônico, fuligem, além de outras substâncias jogadas na atmosfera. Foi também neste período, que os prédios com aberturas através de janelas e os aquecimentos por vapor de água foram substituídos por estruturas com dutos de ar que eram resfriados ou aquecidos por um equipamento centralizado (STERLING *et al.*, 1991).

Os processos de sucção de ar externo, aquecimento, resfriamento, distribuição e eliminação dos subprodutos provenientes da presença humana e dos equipamentos criaram a necessidade de instalação de grande número de dutos através de todas as estruturas dos edifícios. Filtros usados para purificar o ar que circulava no ambiente interno e, em conjunto com os sistemas de dutos começaram a converter-se em criadouros de vários tipos de microorganismos (STERLING *et al.*, 1991).

A Síndrome do Edifício Doente (SED) ou (“SBS – *Sick Building Syndrome*”) tem sido relatada com maior frequência desde 1970. A principal causa deste problema foi à substituição da ventilação natural dos edifícios pela ventilação movida à energia. (REDLICH *et al.*, 1997). “Assim, foi na década de 70, que se iniciaram os problemas relacionados a qualidade do ar de interiores no tocante a saúde” (DILGUERIAN, 2005).

A eliminação da poluição interna não era a idéia principal de antigamente, mas sim prevenir a infiltração da poluição externa, como a fuligem proveniente da combustão do carvão utilizado em indústrias e residências. No início procurava-se controlar o clima interno pela manutenção de uma temperatura adequada, purificação

do ar proveniente da sucção externa e sua distribuição no edifício (STERLING *et al.*, 1991).

Foi em meados dos anos 70 também que, diante da crise do petróleo, foi reduzida a quantidade de ar renovado exigida para o funcionamento do ar-condicionado, visando economizar energia, afinal, era mais barato recircular o ar que já estava sendo utilizado (DILGUERIAN, 2005).

De acordo com Brickus e Aquino Neto (1999), muitos problemas com a qualidade de ar interno podem ser também explicados com o crescimento de 46% para 75,5%, da população brasileira vivendo em áreas urbanas entre os anos de 1965 e 1994. Este aumento foi provocado, na maioria dos casos, pela migração da população residente em áreas rurais para áreas urbanas o que ocasionou um saturamento da malha rodoviária dos grandes centros urbanos, refletindo em grandes congestionamentos, principalmente nas horas de maior movimento. Com esta mudança, houve a deterioração da qualidade do ar urbano, refletindo-se na Qualidade do Ar Interno - QAI, tendo em vista que o ar interno procede do exterior.

No Brasil, ainda é grande o número de construções de modernos edifícios fechados. Estes tipos de edifícios brindaram-nos com as necessárias condições para criar um nicho ecológico complexo que se tornou uma possível fonte de doenças para o homem (STERLING *et al.*, 1991).

Muitos estudos, tais como os realizados pela EPA (1997), dos Estados Unidos, mostram que os ambientes fechados ou internos apresentam, muitas vezes, níveis de poluentes mais elevados do que os níveis encontrados em ambientes externos.

Segundo a EPA (1997), a maior parte dos americanos gasta até 90% do seu tempo em ambientes fechados. Já um brasileiro típico gasta no mínimo, só no ambiente doméstico, 12 horas do seu tempo diário (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999), isto, sem considerar outra boa parte do tempo que muitas vezes é gasto dentro do ambiente de trabalho.

3.2. Síndrome do edifício doente e doenças específicas relacionadas a edificações

O termo Síndrome do Edifício Doente (SED) começou a ser empregado na década de 1970 (EPA, 2001). Este termo é usado para descrever situações em que a ocupação de um edifício tem relação com a saúde e efeitos sobre o conforto dos ocupantes, estando estes problemas diretamente associados ao tempo passado dentro do edifício, mas que, no entanto, nenhum tipo de doença pode ser identificada (EPA, 1991).

Outra expressão bastante utilizada em artigos da EPA (1991) refere-se a “Doença Relacionada ao Edifício” e “Doença do Ambiente Interno”. Por sua vez, estas designações são utilizadas para situações em que os relatos dos sinais e sintomas freqüentemente não desaparecem quando os seus ocupantes deixam o local e muitas vezes afetam somente alguns dos seus usuários. Portanto, para se obter sucesso na atenuação desses relatos de queixas, é preciso identificar e remover a fonte de exposição (COSTA e COSTA, 2006).

Leung e Chan (2006), utilizam a expressão Síndrome do Hospital Doente (SHS – “*Sick Hospital Syndrome*”) para situações em que o índice de qualidade do ar interno seja baixo em ambientes hospitalares.

Na Síndrome do Edifício Doente, o edifício ou prédio deve ser avaliado e analisado, não só as doenças e sintomas. Já as Doenças Relacionadas a Edificações limitam-se a problemas de saúde ligados, em geral, ao trabalho e podem ser analisadas isoladamente (DILGUERIAN, 2005).

No Brasil, segundo Dilguerian (2005), em uma de suas citações, a síndrome do edifício doente começou a ser mais conhecida com a morte do ministro das comunicações Sérgio Motta em 1998. De acordo com este mesmo autor, a expressão síndrome do edifício doente não é uma doença, por não possuir um diagnóstico específico, mas sim, sintomas que podem identificar diferentes doenças.

Na Síndrome do Edifício Doente, as queixas podem ser localizadas tanto em uma sala ou zona particular, como em todo o edifício. Em contrapartida, o termo “Doença Relacionada ao Edifício” (DRE) é utilizado quando os sintomas da doença diagnosticada são identificados e podem ser diretamente atribuídos a uma fonte de

contaminação, como é o caso dos contaminantes transportados pelo ar em um edifício (EPA, 1991).

Algumas DREs são transmitidas através do ar em ambientes fechados, como por exemplo, a tuberculose, o sarampo, a rubéola, a gripe, os resfriados comuns, causados por alguns vírus, a histoplasmose, além da Febre Pontiac e a doença dos legionários. Os riscos de transmissão dessas doenças, com exceção da Febre Pontiac e da Doença dos Legionários, que se propagam de fontes ambientais, aumentam a medida que se eleva o número de ocupantes de um ambiente interno (BRIGHTMAN e MOSS, 2004).

Segundo a EPA, 1991, os sinais e características de SED incluem:

- Ocupantes do edifício queixam-se de sintomas associados ao desconforto agudo, dor de cabeça, nos olhos, no nariz, ou irritação na garganta. Tosse seca ou coceira na pele, náuseas e tonturas, dificuldade de concentração, fadiga e sensibilidade a odores;

- A causa dos sintomas não é conhecida;

- A maioria das pessoas que se queixam sentem-se aliviadas ao saírem do ambiente.

Com relação ainda a SED, *“Em alguns edifícios tem ocorrido um aumento de abortos espontâneos. Esses relatos não têm sido levados em consideração devido à dificuldade de avaliação dos mesmos”* (STERLING *et al.*, 1991).

Sinais e características da DRE segundo a EPA, 1991, incluem:

- Os ocupantes do edifício queixam-se de sintomas tais como tosse, aperto torácico, febre, calafrios e dores musculares;

- Os sintomas podem ser clinicamente definidos e têm causas claramente identificáveis;

- As pessoas queixosas podem precisar de uma recuperação prolongada, muitas vezes mesmo depois de abandonar o edifício.

Segundo Costa e Costa (2006), *“os agravos à saúde, decorrentes da poluição do ar interior, podem se manifestar no organismo imediatamente após a exposição ou possivelmente depois de anos, como no caso dos carcinogênicos”*.

Causas prováveis

Costa e Costa (2006) utilizam a expressão “Doença do Ambiente Interno” e explicam que a mesma compreende o relato de sintomas e sinais característicos da exposição a determinadas substâncias químicas (por exemplo, monóxido de carbono, formaldeído), bem como as doenças provocadas por fungos, vírus e bactérias, que possam ser identificadas no interior dos edifícios.

De acordo com Dilguerian (2005), diferentes estudos revelam que, das causas prováveis da Síndrome do Edifício Doente, o que chega perto de uma causa palpável é a má utilização ou falta de manutenção do sistema de ar condicionado.

Já de acordo com Costa e Costa (2006), as inúmeras fontes de contaminação de um ambiente interior com climatização artificial podem ser devidas a uma ventilação inadequada, por uma contaminação originada no próprio ambiente interno (fumaça de cigarro, efluentes do corpo, emissões químicas dos móveis, equipamentos e materiais de limpeza, cortina, carpete), por uma contaminação externa (qualidade do ar, veículos, emissões industriais), por uma contaminação microbiológica (bactérias e fungos) ou por materiais provenientes de alguma construção e reforma.

Segundo a Organização Mundial de Saúde - OMS (1983), a SED é causada por emissões de contaminantes por fontes de várias origens, isoladas ou associadas, e pode produzir diversos sintomas. Essas condições ambientais adversas produzem altas taxas de absenteísmo e considerável redução dos níveis de produtividade do trabalhador. Os sintomas decorrentes da síndrome podem estar ligados a poluentes de origem química ou biológica (LEUNG e CHAN, 2006).

De acordo com Redlich *et al.*, (1997), a ventilação inadequada é um dos principais fatores responsáveis pela SED em diferentes teorias sobre causas dessas síndromes apontadas por diferentes autores. Na ausência de qualquer simples teoria para identificação dos fatores responsáveis pela Síndrome do Edifício Doente, o ideal é fazer uma visualização geral das origens relacionadas com diversos fatores e exposições.

Poluentes prejudiciais à saúde humana de uma variedade de fontes podem contribuir para as doenças relacionadas aos edifícios, que têm causas claramente identificáveis, tais como a Doença dos Legionários (EPA, 1990).

Os fatores que estão associados à alta prevalência da Síndrome do Edifício Doente são a idade do edifício, o fluxo de ar externo, problemas de umidade, a presença de fotocopiadoras ou umidificadores e o baixo padrão de limpeza (GUPTA *et al.*, 2006).

“Em virtude da complexidade da composição do ar interior em ambientes aclimatados artificialmente, da especificidade dos poluentes e da susceptibilidade dos seres humanos a esses poluentes, os estudos epidemiológicos têm sido apontados, no âmbito científico, como uma ferramenta eficaz na visualização dos primeiros sinais de alerta da má qualidade do ar de interiores” (COSTA e COSTA, 2006).

3.3. Microbiologia do ar

Um adulto respira mais de 13000 litros de ar por dia. Este não é apenas o componente de maior quantidade de ingestão do que qualquer outra substância, mas também o mais importante imediatamente para a vida. Os seres humanos podem passar muitos dias sem comida e muitas horas privados de água, sem ocasionar efeitos graves para a saúde, porém, a vida sem ar finaliza-se em poucos minutos (YU, 2005).

Vírus, bactérias, fungos, algas, protozoários, rotíferos, crustáceos e vários vermes, perfazem os grandes grupos de microrganismos que existem no meio ambiente (MCKINNEY, 2004) e, felizmente, a maioria das espécies microbianas é benéfica ou inócua ao homem (SILVA FILHO e OLIVEIRA, 2007).

O trato respiratório é uma das principais portas de entrada para os poluentes atmosféricos. Porém, é extremamente bem equipada para enfrentar os invasores nocivos (YU, 2005).

Embora somente a minoria dos microrganismos seja patogênica, o estudo prático sobre os micróbios é importante, principalmente para as ciências relacionadas à saúde. Por exemplo, os trabalhadores de hospitais devem ser capazes de proteger os pacientes de micróbios comuns, que são normalmente inofensivos, mas podem se tornar nocivos às pessoas doentes e debilitadas (TORTORA *et al.*, 2005).

O controle da poluição microbiológica no meio ambiente é uma preocupação, por um lado, em proteger as pessoas dos microrganismos patogênicos e, já por outro lado, preocupa-se com a aplicação da microbiologia para resolver uma vasta gama de problemas ambientais (MCKINNEY, 2004).

O ar é composto principalmente de nitrogênio e oxigênio, sendo 78% do volume de nitrogênio e 21% do volume de oxigênio. O ar contém também, em diversas quantias, vapor de água e inúmeras partículas suspensas no ar (MCKINNEY, 2004).

Recentemente, segundo Mckinney (2004), o interesse na área de microbiologia do ar tem sido estimulado em função dos problemas oriundos da construção de casas e edifícios hermeticamente fechados. Sistemas de ar condicionado têm criado ambientes que permitem a sobrevivência de vários microrganismos, podendo assim, afetar adversamente a saúde das pessoas.

Mesmo que o ar geralmente não ofereça condições para o crescimento de microrganismos, ele representa um excelente meio de dispersão. A permanência dos microrganismos no ar pode ser de segundos, minutos, horas, dias, meses e até anos. Seu deslocamento é também muito variado, podendo ocorrer em diferentes distâncias, como milímetros, centímetros, metros, quilômetros ou milhares de quilômetros (SILVA FILHO e OLIVEIRA, 2007).

Existem inúmeras substâncias necessárias para a vida nos edifícios fechados, especificamente nos dutos de sistemas de ventilação e em todos os lugares onde pode haver umidade. Bactérias, vírus, fungos e microácaros penetram nos edifícios junto com o ar fresco na roupa, cabelo e pele de seus ocupantes. Alguns destes microrganismos podem causar danosas reações fisiológicas nos seres humanos (STERLING *et al.*, 1991).

A presença e a quantidade de microrganismos no ar dependem das fontes de contaminação. Uma vez no ar, os microrganismos são afetados por fatores como umidade, temperatura e radiação (SILVA FILHO e OLIVEIRA, 2007).

Os aspectos qualitativos e quantitativos dos microrganismos presentes no ar definem sua qualidade. Cada região apresenta uma microbiota típica, que pode variar em função das condições ambientais e da atividade humana. Portanto, para uma avaliação da qualidade de determinado ambiente, são necessários estudos prévios

para se conhecer as populações características de cada região. Esse conhecimento permite detectar diferenças nessas populações e determinar as providências adequadas para controlar eventuais problemas (SILVA FILHO e OLIVEIRA, 2007).

3.4. Sistema de ar condicionado

Jones (1983), designa o termo condicionamento de ar como sendo o controle automático de um ambiente, tanto para propiciar o conforto humano ou de animais, como também para o desempenho adequado de processos industriais e de laboratórios.

De acordo com a EPA (1990), os sistemas de ar condicionados são projetados para fornecer ar a confortáveis níveis de temperatura e umidade relativa, livre de concentrações de poluentes atmosféricos nocivos.

O conceito de climatização é definido, segundo a Portaria 3.523 do Ministério da Saúde de 28 de agosto de 1998, como “*o conjunto de processos empregados para se obter por meio de equipamentos em recintos fechados, condições específicas de conforto e boa qualidade do ar, adequadas ao bem-estar dos ocupantes*”.

Um sistema de climatização bem concebido, instalado, operado e mantido, pode promover uma boa qualidade do ar interno. Quando procedimentos adequados não forem seguidos, pode resultar em problemas do ar nos ambientes fechados (EPA, 1990).

Segundo Godish (1991), historicamente a ventilação tem sido uma solução aplicada para reduzir os níveis de contaminantes de um ambiente interno. Esta redução é resultado da diluição e remoção de poluentes. Na ventilação, há trocas de ar com o ambiente externo e, quanto maior a taxa de trocas, maior o potencial de redução dos níveis de contaminantes gerados no ambiente interno.

A qualidade do ar externo tem grande importância na qualidade do ar interno. Se o ar externo não é de boa qualidade, o ar interno dificilmente será bom. Nessas situações, o ar externo deveria ser limpo através dos equipamentos de ventilação, antes de entrar no ambiente fechado (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999).

Os sistemas de ar condicionado de um edifício devem ser devidamente operados e conservados para promover a qualidade do ar interno. Se isto não for feito

adequadamente, os sistemas de ventilação podem se tornar uma fonte de contaminação ou ficar entupidos e reduzidos, prejudicando assim, o fluxo de ar (EPA, 1990).

3.4.1. Componentes do sistema de ar condicionado

Entre os principais componentes de um sistema de climatização pode-se destacar os filtros de ar, as serpentinas, a bandeja do condensado, o sistema de distribuição, as torres de resfriamento e os refrigeradores.

3.4.1.1. Filtros de ar

A condição e a qualidade do meio filtrado e suas instalações são muito importantes para determinar a capacidade de proteção dos componentes do sistema de ar condicionado, que entregará um ar puro e, assim, uma boa qualidade de ar interno ao edifício. A ausência de vazamentos ao redor do filtro, como lacunas entre os mesmos, é fundamental para que a eficácia dos filtros possa ser alcançada (BEARG, 2004).

Segundo a portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, do Ministério da Saúde, a utilização de filtros de classe G1 (Classes de filtro-anexo 1) é obrigatória na captação de ar exterior. Segundo essa mesma portaria, é recomendado que os filtros sejam limpos mensalmente, ou quando descartáveis, até a sua obliteração (máximo 3 meses de utilização) (BRASIL, 1998 e 2003).

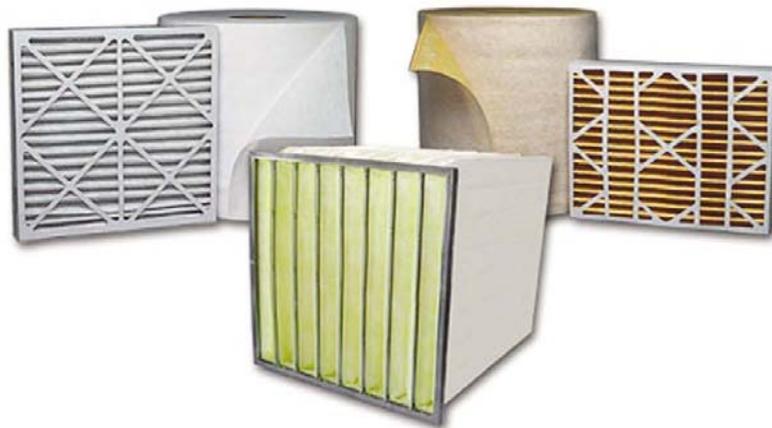


Figura 1: Exemplos de filtros de ar utilizados para purificar o ar de ambientes internos. (Fonte: TOWNSEND, 2007).

3.4.1.2. Serpentinhas

Serpentinhas de resfriamento e/ou aquecimento (figura 2) são utilizadas para regular a temperatura do ar a ser entregue para um ambiente interior. A eficácia da sua concepção e manutenção é fundamental para fornecer o conforto térmico de um espaço (BEARG, 2004).



Figura 2: Exemplos de serpentinhas de resfriamento.
(Fonte: www.checkup-ar.com.br/custom/serpentinhas.jpg)

As serpentinas de água gelada são usualmente construídas de tubos aletados horizontais, assim configurados para facilitar o dreno da umidade condensada das aletas (JONES, 1983).

Segundo a portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, do Ministério da Saúde, é recomendado a desencrustação semestral e limpeza trimestral das serpentinas de resfriamento e/ou aquecimento (BRASIL, 1998 e 2003).

3.4.1.3. Bandeja do condensado

O propósito da bandeja do condensado (Figura 3) é inicialmente coletar a umidade abaixo das serpentinas de água gelada e transferir esta água para fora do sistema de ar condicionado. Quando o ar passa entre as serpentinas, a temperatura para a qual ele é resfriado está abaixo do seu ponto de orvalho, assim, a desumidificação dessa corrente de ar vai ocorrer e água líquida vai se formar na superfície das serpentinas de água gelada (BEARG, 2004).



Figura 3: Exemplos de bandeja de condensado.

De acordo com Bearg (2004), essa água cai então, por gravidade, na bandeja do condensado localizada abaixo da serpentina. Esporos e diferentes tipos de sujeiras, algumas vezes recolhidos na superfície desta bandeja, podem causar uma diminuição significativa na qualidade do ar interno devido o crescimento de microrganismos neste local.

Segundo a EPA (1990), a acumulação de água em qualquer lugar de um sistema de ar condicionado pode também propiciar o crescimento de agentes biológicos nocivos, que podem ser distribuídos por todo o edifício. Portanto, é muito

importante que este dreno da bandeja seja concebido e instalado de forma a drenar completamente a água e não deixar que haja acúmulo da mesma (BEARG, 2004).

Para se conseguir este objetivo, o dreno da bandeja precisa ser devidamente inclinado em direção a sua conexão com a linha de saída de esgoto, sendo que esta conexão deve estar no nível mais baixo do tabuleiro da bandeja para que nenhum resíduo de água mantenha-se nesse local (BEARG, 2004).

De acordo com a portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, do Ministério da Saúde, é recomendada a limpeza mensal das bandejas de condensado (BRASIL, 1998 e 2003).

3.4.1.4. Sistema de distribuição

O papel do sistema de distribuição, figura 4 a seguir, que é formado pelas canalizações, caixas de mistura, unidades terminais e conectores, é transmitir o ar, depois de passar pelo equipamento de ar condicionado, aos espaços ocupados em um edifício. Infelizmente, este sistema de distribuição não tem sempre a eficiência prevista, isto porque muitas vezes existem fugas de ar em algumas partes da canalização. Outro problema dos componentes do sistema de distribuição é que os mesmos podem também servir como fontes de contaminantes, devido aos revestimentos internos, a retenção do pó e de materiais microbiológicos nos dutos (BEARG, 2004).



Figura 4: Exemplo de sistema de distribuição.

3.4.1.5. Torres de resfriamento

As torres são equipamentos utilizados para reduzir a temperatura do ar através da vaporização flash. Este processo consiste na evaporação de micro-gotas de spray de água, produzida pela passagem destas por bicos atomizadores (BASTO, 2005).

Ao evaporar nestas condições, a água retira calor do ar, promovendo assim a diminuição da temperatura de uma grande área ao redor do conjunto ventilador aspersor. É necessário monitorar os parâmetros físicos para que não haja saturação nas condições de umidade relativa do ar. As figuras 5 e 6 a seguir, mostram, respectivamente, um exemplo de torre de resfriamento no campus da UFSC e um esquema de uma Torre de Refrigeração, onde o ar é admitido pela parte inferior sendo forçado a passar através de um fluxo de água, saindo posteriormente pela parte superior (BASTO, 2005).



Figura 5: Exemplo de torre de resfriamento no campus da UFSC.

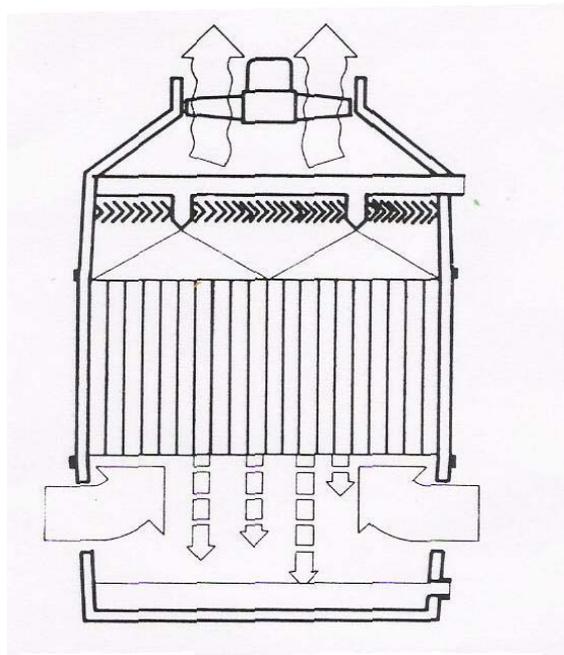


Figura 6: Desenho representativo do funcionamento da torre de resfriamento.

(Fonte: BASTO, 2005).

Existem várias relações importantes entre as torres de resfriamento e a qualidade do ar interno de edifícios. Uma das relações é a função da capacidade de refrigeração das torres de resfriamento de emitir calor para a atmosfera. Esta característica é um fator que controla a capacidade de refrigeração do edifício e, conseqüentemente, a capacidade de manter as condições termicamente confortáveis (BEARG, 2004).

Outra área de importância que deve ser avaliada ao considerar-se o potencial das torres de resfriamento para degradar a qualidade do ar interno é que esses equipamentos podem ser uma fonte de crescimento microbológico. Isso acontece porque normalmente as torres possuem reservatórios de água parada. A presença desta água, em conjunto com os nutrientes como esporos e sujeiras transportadas pelo vento, pode proporcionar um habitat adequado para a proliferação de microrganismos. Portanto, a distância entre as torres de resfriamento e a entrada de ar deve ser revista (BEARG, 2004).

A falta de tratamento adequado da água nas torres de resfriamento pode proporcionar o crescimento de microrganismos, tais como *Legionella* spp., podendo proporcionar a introdução dos mesmos através dos dutos do sistema de climatização,

em diferentes ambientes de um edifício e causar graves problemas de saúde a seus ocupantes (EPA, 1990).

3.4.1.6. Refrigeradores – Chillers

Os refrigeradores, figura 7 a seguir, são capazes de fornecer uma quantidade suficiente de água refrigerada para satisfazer as cargas de arrefecimento necessárias para a prestação das condições termicamente confortáveis, o funcionamento destes equipamentos podem, contrariamente, afetar a quantidade de ar exterior introduzida na construção ventilada (BEARG, 2004).



Figura 7: Exemplo de um refrigerador do tipo Chiller.

3.4.2. Tipos de sistemas de climatização

Os sistemas de climatização podem ser do tipo Expansão Direta ou Expansão Indireta, sendo que a condensação pode ser realizada por Ar ou Água (BASTO, 2005).

Nos Sistemas de Expansão Direta: “o refrigerante ao evaporar resfria diretamente o ar a ser insuflado no ambiente. Os sistemas de climatização por Expansão Direta normalmente encontrados no mercado são geralmente os condicionadores do tipo janela, os sistemas tipo split e condicionadores de ar do

tipo *self-contained*, este por sua vez, podem operar com condensação à ar como também a água” (BASTO, 2005).

Sistemas de Expansão Indireta: “o refrigerante resfria um líquido intermediário chamado de refrigerante secundário, que normalmente é água gelada” (BASTO, 2005). Uma das formas de resfriamento do ar, o sistema de água gelada, utiliza o calor sensível absorvido pelo líquido resfriado à medida que o líquido circula dentro dos tubos aletados da serpentina para efetuar o resfriamento e a desumidificação necessários da corrente de ar (JONES, 1983).

Os sistemas de Expansão Indireta são conhecidos por possuírem uma unidade de resfriamento de água denominada Chiller. A água ao ser resfriada é conduzida para as Unidades Condicionadoras de água gelada conhecidas por Fan Coils (figura 8), que compreendem um conjunto de serpentinas acopladas a um ventilador e um sistema de filtragem por onde passa o ar a ser condicionado (BASTO, 2005).

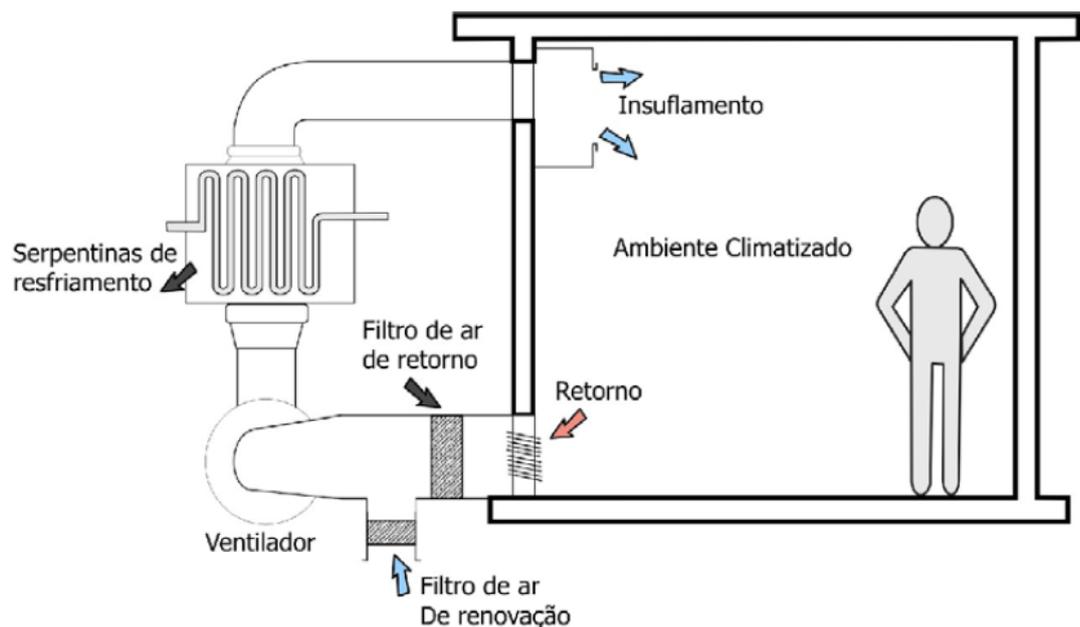


Figura 8: Esquema representativo do sistema tipo Fan Coil.

(Fonte: QUADROS, 2008)

Os sistemas que utilizam equipamentos refrigeradores tipo Chillers ou Self-Containeds necessitam de torres de resfriamento para promover a condensação (BASTO, 2005).

3.5. Qualidade do ar interno em hospitais

Um hospital geralmente possui em suas instalações diferentes tipos de serviços e especialidades, tais como centro cirúrgico, unidade de terapia intensiva (UTI), enfermarias, serviços ambulatoriais, farmácias, serviços de radiologia, entre outros. Cada um tem o seu próprio mecanismo de funções e características de trabalho, sendo que, no dia-a-dia, o funcionamento de um pode ser muito diferente dos demais (LEUNG e CHAN, 2006).

O ambiente hospitalar é um local que reúne um grande número de pessoas enfermas, com diferentes doenças, onde se concentram diferentes tipos de microrganismos (ANDRADE, 1998). Os três principais grupos de ocupantes de um hospital são formados por pessoas doentes, pelos trabalhadores do próprio hospital e pelos visitantes. Estes três diferentes grupos diferem-se uns dos outros em termos de estado de saúde e susceptibilidade aos diferentes produtos químicos e microrganismos. A diversidade de instalações e dos ocupantes torna o ambiente hospitalar muito complexo e diferente de qualquer outra atividade desenvolvida em edifícios comerciais ou industriais (LEUNG e CHAN, 2006).

Segundo informações da Organização Mundial de Saúde – WHO (1998), mais da metade dos diferentes locais fechados, incluindo os hospitais, tem um ar de má qualidade. Esta baixa qualidade do ar deve-se principalmente a fatores como o mau controle de higienização dos aparelhos de ar condicionado e a falta de controle periódico sobre os possíveis focos de contaminação.

De acordo com Leung e Chan, (2006), o controle de qualidade do ar interno (QAI) no hospital, desempenha um importante papel na prevenção das infecções tanto dos trabalhadores deste ambiente, como também dos pacientes, principalmente aqueles imunodeprimidos e imunocomprometidos, que são altamente suscetíveis aos efeitos nefastos produzidos, por exemplo, por certos micróbios aerotransportados.

Segundo Leung e Chan, (2006), a má qualidade do ar interno (QAI) em um hospital pode ocasionar surtos de Síndrome do Hospital Doente (SHD), o que pode provocar em seus ocupantes dores de cabeça, fadiga, irritações nos olhos e na pele, além de outros sintomas. Outro problema, mais grave ainda, ocasionado por esta má qualidade do ar interno, são as chamadas infecções hospitalares.

Mediante o monitoramento microbiológico do ar e das possíveis fontes de poluentes deste ambiente, é possível apontar com segurança o relacionamento do ar com a infecção, bem como, detectar se há falhas nos procedimentos de manutenção do sistema de ar condicionado (LIMA de PAULA, 2003).

3.6. Infecções adquiridas em hospital

Segundo Bolick *et al.* (2000), infecção hospitalar, ou nosocomial, é um processo infeccioso que não estava presente ou que não era notado na ocasião em que o paciente havia sido internado no hospital; (Tortora *et al.*, 2005), e é adquirida como resultado de uma hospitalização.

De acordo com Tortora *et al.*, (2005), as infecções hospitalares resultam da interação de vários fatores: Os microrganismos no ambiente hospitalar, o estado comprometido (ou enfraquecido) do hospedeiro e a cadeia de transmissão no hospital.

Os Centros de Prevenção e Controle de Doenças - CPCD (em inglês CDC) segundo Tortora *et al.*, (2005), estimam que 5 a 15% de todos os pacientes hospitalizados adquirem algum tipo de infecção hospitalar. No entanto, apesar dos avanços em técnicas de esterilização e materiais descartáveis, a taxa de infecções hospitalares aumentou 36% nos últimos 20 anos. Nos Estados Unidos, cerca de dois milhões de pessoas contraem infecções hospitalares por ano e mais de cem mil morrem como consequência. Infecções hospitalares representam a quarta causa de mortes nos Estados Unidos, estando atrás apenas das doenças cardíacas, cânceres e acidentes vasculares cerebrais.

Segundo Couto e Pedrosa (2001), as infecções pulmonares são apontadas como responsáveis por cerca de 20% de todas as infecções hospitalares. Além disso, estas infecções apresentam uma alta taxa de morbimortalidade.

As pneumonias no Brasil são a primeira causa de morte entre as doenças respiratórias e, abstraindo-se as causas externas, ocupam o quarto lugar na mortalidade geral (ROCHA, 1998; PEREIRA *et al.*, 2002, citado por SCHULZ, *et al.*, 2005). O termo pneumonia aplica-se a muitas infecções pulmonares, a maioria das quais causadas por bactérias (TORTORA *et al.*, 2005). Contudo, a *Legionella*

spp. é uma bactéria frequentemente associada à infecção hospitalar em ambientes climatizados (ETCHEBEHERE *et al.*, 2005).

3.7. Legionella

Segundo Dilguerian (2005), existem dados de que a bactéria do gênero *Legionella* foi isolada em 1943 e já havia sido descrita em 1947. Em 1957, ocorreu a primeira epidemia do mal do legionário em uma fábrica de acondicionamento de carne em Minnesota – EUA.

Já de acordo com Tortora *et al.*, (2005), a *Legionella* spp. recebeu atenção pública pela primeira vez em 1976, quando uma série de óbitos ocorreu entre os membros da Legião Americana que haviam comparecido a uma reunião na Filadélfia. Um total de 182 pessoas contraíram a doença pulmonar neste encontro e 29 destas morreram. Conforme Dilguerian (2005), nesta reunião dos legionários, que posteriormente deu o nome à doença, “Mal dos Legionários”, o sistema de ar condicionado estava infestado por este tipo de bactéria.

A doença conhecida por “Mal dos Legionários” ou “Doença dos Legionários” é causada pela bactéria *Legionella pneumophila*. Este tipo de bactéria apresenta-se como um bastonete aeróbico gram-negativo (TORTORA *et al.*, 2005).

Além do Mal dos Legionários, outra infecção chamada de Febre Pontiac é causada também pela bactéria *Legionella* spp. (TORTORA *et al.*, 2005). A Doença dos Legionários é um termo genérico que descreve as formas de infecção pneumônica e não pneumônica provocadas por *Legionella* spp. (WHO, 2005). Assim, a Febre de Pontiac pode ser também conhecida por *Doença dos Legionários* (CDC, 2008).

Segundo Tortora *et al.* (2005), os sintomas iniciais da forma de infecção pneumônica são febre alta, dor de cabeça, fraqueza, dores musculares, tosse e sintomas gerais de pneumonia. Já WHO (2005), cita também como os principais sintomas da forma de infecção pneumônica, a perda de apetite, o mal estar, a diarreia e confusão. Alguns casos podem apresentar entre os sintomas iniciais, tosse leve e, em 50% dos pacientes, a presença de catarro. O período de incubação da doença é

de 2 a 10 dias (DILGUERIAN, 2005; WHO, 2005), mas um período de até 16 dias tem sido registrado em alguns surtos recentes bem documentados (WHO, 2005).

Já os sintomas da Febre de Pontiac incluem febre, dores musculares e geralmente tosse (TORTORA *et al.*, 2005), no entanto, não é considerada uma pneumonia (CDC, 2008). A forma não-pneumônica é uma forma aguda, auto-limitada, doença gripal que geralmente dura de 2 a 5 dias (WHO, 2005). Segundo Dilguerian (2005), o período de incubação da Febre de Pontiac é curto em relação ao Mal dos Legionários, de 12 a 36 horas, podendo chegar até 48 horas (CDC, 2008), sendo que 95% das pessoas que ficam expostas aos aerossóis contaminados desenvolvem a doença. Neste tipo de infecção, os sintomas desaparecem por conta própria sem tratamento e sem causar mais problemas (CDC, 2008), sendo que nenhum óbito foi associado a este tipo de infecção (WHO, 2005).

De acordo com Tortora *et al.* (2005), mais de 44 espécies de *Legionella* spp. foram identificadas até o presente mas, nem todas causam doenças. Existem formas raras de infecções provocadas pela bactéria *Legionella* spp., com características extra pulmonares, mas muito perigosas. Nestes casos, a bactéria localiza-se em diferentes lugares no organismo humano, tais como, no aparelho digestivo, nos músculos ou no sistema nervoso. As espécies envolvidas nestes eventos, além da *Legionella pneumophila*, são a *Legionella dumoffi*, a *Legionella jordanis* e *Legionella micdadei* (HA, 2006).

3.7.1. Estatísticas

A incidência da Doença dos Legionários, adquirida na comunidade, varia muito de acordo com a configuração do ambiente investigado e as metodologias de diagnósticos aplicadas. Uma vez que, em muitos países, é observada a falta de métodos adequados para o diagnóstico da infecção e de sistemas de vigilância capazes de monitorar a situação, a real magnitude do problema é desconhecida (WHO, 2005).

A taxa de mortalidade causada por uma infecção provocada pela bactéria *Legionella pneumophila* é dependente de alguns fatores, tais como, a severidade ou

gravidade da doença, o tratamento inicial com a administração de antimicrobianos, o estabelecimento de onde a *Legionella* spp. foi adquirida, além de outras questões. A letalidade pode ser elevada, com taxas de 40% a 80% em pacientes imunodeprimidos sem tratamento e pode ser reduzida de 5% a 30%, (WHO, 2005; CDC, 2008), em casos que recebem tratamento apropriado, dependendo da gravidade dos sinais e sintomas clínicos. Para as pessoas capazes de desenvolver uma resposta imunológica, a taxa de mortalidade é geralmente na faixa de 10 a 15% (WHO, 2005).

Já Fuente (2005), cita outra taxa de fatalidade, de 25% a 50%, para a Doença dos Legionários, ou da bactéria *Legionella pneumophila*, especialmente se os infectados são tratados com antibióticos inadequados. De acordo com Evenson (1998), a letalidade varia entre 5% e 20% quando a doença é adquirida na comunidade.

Todos os anos, entre 8000 e 18.000 pessoas são hospitalizadas com a Doença dos Legionários nos Estados Unidos. No entanto, muitas infecções não são diagnosticadas ou declaradas, sendo que este número pode ser ainda maior (CDC, 2008).

Em 2003, 34 países (população aproximada de 467,76 milhões de habitantes) dos 36 que estão no Grupo Europeu que Trabalha com Infecções causadas por *Legionella* spp., relataram um total de 4578 casos, significando uma taxa média em toda a Europa de 9,8 casos por milhão de habitantes neste mesmo ano. Com base nos resultados da Dinamarca, onde um elevado nível de testes de *Legionella* spp. em pacientes com pneumonia é desenvolvido, uma incidência mais realista seria estipulada, estando perto de 10 000 casos por ano, para os mesmos 36 países (WHO, 2005).

Nos Estados Unidos ocorrem cerca de 23.000 casos por ano de Doença dos Legionários. *Legionella pneumophila* é a segunda maior causa de pneumonia, ficando atrás apenas da pneumonia causada por *Streptococcus pneumoniae* e é responsável por diversos surtos anuais de pneumonias de origem hospitalar (EVENSON, 1998).

Recentemente, a *Legionella pneumophila* foi reconhecida como um patógeno hospitalar comum, respondendo por quase 4% dos casos fatais de pneumonia hospitalar no Brasil (BRASIL, 2004).

Segundo Ricard (2002), existe no Brasil pouca ou nenhuma informação sobre a incidência da Doença dos Legionários. A unidade de nefrologia do Hospital das Clínicas de São Paulo, entre os anos de 1990 a 1993, teve muitos casos comprovadamente ocasionados por legioneloses, alguns inclusive levaram a óbitos. No entanto, este é um dos raros casos documentados existentes no Brasil.

De acordo com Rocha (1998), citado por Ferreira e Cunha (2007), considerando que o comportamento epidemiológico no Brasil seja semelhante a de outros países e, explorando assim os dados encontrados na literatura em relação a letalidade apresentada pela *Legionella* spp., pode-se esperar mais de 6000 óbitos por ano no Brasil, provocados pela *L. pneumophila*, que pode ser comparável com os registros dos casos de tuberculose, sendo maior do que os de meningite.

Segundo Fuente (2005), a Doença dos Legionários varia consideravelmente em relação as características epidemiológicas e geográficas de cada local. A *Legionella pneumophila* é responsável por cerca de 5 a 15% de todas as infecções nosocomiais. De acordo com Evenson (1998), aproximadamente 25% dos casos de *Legionella* são de origem nosocomiais, sendo o restante adquiridos na comunidade.

3.7.2. Formas de contrair as Legioneloses

A bactéria do tipo *Legionella* spp. vive em água fria e quente e coloniza sistemas de água nas temperaturas de 20 a 50 °C, sendo que a temperatura de 35 graus Celsius é considerada ótima. (WHO, 2005).

Os agentes causadores da *Legionella* spp. são bactérias de água doce, encontradas em ambientes aquáticos no mundo inteiro mas, às vezes, mesmos os sistemas de água artificiais fornecem ambientes que conduzem para o crescimento desta bactéria. As bactérias do gênero *Legionella* sobrevivem dentro ou entre as células, como parasitas de protozoários de vida livre e desenvolvem-se no interior dos biofilmes em sistemas de água onde as bactérias sobrevivem (WHO, 2005).

Elas podem causar infecções ao homem utilizando um mecanismo semelhante ao usado para infectar protozoários. A *Legionella pneumophila* é uma espécie frequentemente isolada em pacientes com infecções adquiridas em qualquer

comunidade, viagens, ou até mesmo em hospitais (WHO, 2005). Segundo Ferreira e Cunha (2007), a *Legionella pneumophila* além de ser o microrganismo mais comumente encontrado como causa de doença humana, pode também ser um agravante das condições de saúde de uma pessoa (FERREIRA e CUNHA, 2007).

O ar é exclusivamente a maneira de contaminação de *Legionella* spp. no homem (HA, 2006). Pessoas adquirem a *Legionella* spp. quando respiram, através da inalação de névoa ou vapor de aerossóis que tenham sido contaminados com a bactéria (CDC, 2008; HA, 2006; WHO, 2005; FERREIRA e CUNHA, 2007). Estes microrganismos podem sobreviver até 72 horas no ambiente em aerossóis no ambiente (NGUYEN *et al.*, 1991 citado por EVENSON, 1998).

Os aerossóis contendo organismos de *Legionella* spp. podem ser disseminados por mecanismos como o vento (WHO, 2005). Não existe transmissão direta de ser humano para ser humano (WHO, 2005; HA, 2006; BARRY, 2004). A dose necessária ou dose-efeito de *Legionella* spp. para provocar a doença no ser humano é desconhecida até o momento (HA, 2006; WHO, 2005).

A *Legionella* spp. pode estar presente em torres de ar condicionado, sistemas de água quente e fria, umidificadores, piscinas de spas e outros dispositivos que contenham água, tais como partes dos sistemas de ar condicionado de grandes edifícios. No entanto, elas parecem não crescer em ar condicionado do tipo de janela (CDC, 2008).

Segundo Guitiérrez *et al.* (2006), os equipamentos que oferecem maior risco são os que produzem aerossóis, através da formação de água contaminada (com um tamanho de aproximadamente 5µm), que conseguem penetrar no sistema respiratório atingindo assim, os alvéolos pulmonares. Estes aerossóis contaminados provêm de locais como os umidificadores, chuveiros, equipamentos para terapia respiratória, água de resfriamento industrial e torres de resfriamento. Os aerossóis formados pela água contaminada em sistemas de encanamento e em torres de resfriamento constituem as fontes mais comuns de infecção (EDELSTEIN; citado por DILGUERIAN, 2005).

Segundo Sabria e Yu (2002), a Doença dos Legionários adquirida em ambiente hospitalar tem sido relatada a partir do primeiro surto em 1976. Embora os casos desta doença tenham sido relacionados à Torre de Resfriamento, nos anos após sua

descoberta, a água potável tem sido a fonte de proliferação da bactéria em quase todos os surtos notificados dentro do ambiente hospitalar.

Os surtos são caracterizados quando duas ou mais pessoas adoecem no mesmo lugar, quase no mesmo período, como pode ocorrer com os doentes nos hospitais (CDC, 2008). A Doença dos Legionários pode ser detectada em casos isolados, sem, no entanto, estar associada a qualquer surto. Quando os surtos ocorrem, geralmente coincidem com estações como verão ou início do outono, embora casos isolados ocorram ao longo do ano (HA, 2006).

3.7.3. Fatores de risco

O risco de contrair a Doença dos Legionários depende de fatores como a exposição aos aerossóis contendo bactéria, a concentração desses tipos de microrganismos nas fontes de água, o tempo de exposição, o estado de saúde das pessoas expostas aos contaminantes (FUENTE, 2005) e os fatores de virulência da estirpe particular da *Legionella* spp. (WHO, 2005).

Muitas das espécies de *Legionella* spp. são patogênicas ao homem, mas, na maioria dos casos, mais de 90%, estão associadas com a *Legionella pneumophila*, sendo o sorogrupo 1 o mais comum (MUDER RR, 1989; CAMPESE C, 2000; citado por CHE *et al.*, 2003).

De acordo com Fuente (2005), pessoas de qualquer idade podem ser infectadas pela *Legionella pneumophila*, no entanto, as que estão mais expostas aos riscos de contrair a doença são as pessoas mais velhas, normalmente com 65 anos de idade ou mais de idade, assim como pessoas fumantes, ou aqueles que têm doença pulmonar crônica (como o enfisema) (CDC, 2008; FUENTE, 2005).

Além disso, os riscos de ser infectado pela bactéria aumentam também em pessoas cujo sistema imunológico é suprimido por doenças como o câncer (indivíduos que utilizam tratamento por quimioterapia), aqueles que utilizam tratamento com esteróides, pessoas com problemas renais que utilizam processos de diálise, os diabéticos, bem como doentes crônicos que utilizam ventilação mecânica. Já a Febre de Pontiac ocorre comumente também entre as pessoas saudáveis (FUENTE, 2005).

De acordo com a WHO (2005), os fatores de risco em adquirir a Doença dos Legionários na comunidade e a Doença dos Legionários associadas as viagens incluem: pessoas do sexo masculino com mais de 50 anos, fumantes, indivíduos com histórico de alcoolismo, com doenças pulmonares relacionadas ao uso de drogas, imunossupressão e com doenças crônicas debilitantes.

Já os fatores de risco para pneumonia, adquirida especificamente em hospitais onde são acolhidos muitos pacientes, incluem: pessoas com cirurgia recente, intubação (processo de colocação de um tubo no traqueal), ventilação mecânica, aspiração, presença de tubos, nasogástricos, bem como a utilização de equipamento de terapia respiratória. Sendo que, os pacientes mais suscetíveis são os imunocomprometidos, incluindo os que receberam transplantes de órgãos e aqueles que recebem tratamento com corticosteróide. (WHO, 2005).

A dose de bactérias do gênero *Legionella* necessária para causar infecção é desconhecida, mas a dose infecciosa para humanos sensíveis presume-se ser bastante reduzida. Detectou-se que alguns pacientes foram infectados após serem expostos aos aerossóis de bactéria a uma distância de até 3,2 quilômetros dos focos de contaminação (WHO, 2005).

As complicações mais frequentes das legioneloses são insuficiência respiratória, choque renal aguda e falência multi-orgânica. A recuperação sempre requer um tratamento com antibióticos e normalmente é concluída após várias semanas ou meses. Em raras ocasiões, como no caso de pneumonia grave ou progressiva, o tratamento ineficaz pode resultar em seqüelas cerebrais (WHO, 2005).

3.7.4. Diagnóstico

Por possuir sintomas como os de muitas outras formas de pneumonia, a Doença dos Legionários pode ter difícil diagnóstico à primeira vista. Para detectar qual bactéria causou este tipo de pneumonia, radiografias de tórax ou diagnóstico clínico são necessários. Além disso, outros testes laboratoriais podem ser feitos no escarro, bem como no sangue ou na urina para encontrar provas da bactéria no organismo (CDC, 2008).

Uma vez que as manifestações clínicas são inespecíficas, testes laboratoriais especializados são necessários para que esta doença seja subdiagnosticada (SABRIA e YU, 2002). Não é possível distinguir clinicamente pacientes com Doença dos Legionários de pacientes com outros tipos de pneumonia (EDELSTEIN, 1993 citado por FIELDS *et al.*, 2002). Se, através das radiografias do tórax, verificar-se que o paciente tem pneumonia e, se os testes laboratoriais apresentarem resultados positivos, então o paciente está infectado com a Doença dos Legionários. Além disso, a partir da biópsia pulmonar e de secreções respiratórias de pacientes com suspeita da doença, se for possível isolar e cultivar a bactéria *Legionella* spp. em um meio de cultura especial, o diagnóstico da Doença dos Legionários pode também ser confirmado. Contudo, podem também ser utilizados também para o diagnóstico, os métodos sorológicos (CDC, 2008).

A maior parte dos casos pode ser tratada com sucesso através do uso de antibióticos, sendo que, pessoas saudáveis geralmente recuperam-se da infecção (CDC, 2008). Já um atraso no diagnóstico e a administração de um tratamento antibiótico inadequado, como também o aumento da idade e a presença de doenças co-existentes aumentam as chances de óbito por Doença do Legionário (WHO, 2005).

De acordo com Fields *et al.*, (2002) há muitas razões das quais os dados registrados não refletem na real situação da Doença dos Legionários. Um dos problemas está na falha do diagnóstico médico. Isto não é um problema só para os pacientes que possuem a Doença dos Legionários, a quem é negado o benefício da terapia orientada a esta profilaxia, mas também para a comunidade como um todo, uma vez que a cada novo caso de Doença dos Legionários pode representar um anúncio de um surto.

3.7.5. *Formas de prevenir*

Não existe vacina disponível atualmente para a Doença dos Legionários. A ameaça à saúde pública representada pelas legioneloses pode ser abordada através de

medidas preventivas. Embora seja impossível erradicar a fonte de infecção, é possível reduzir substancialmente os riscos (WHO, 2005).

Tais medidas de prevenção e controle devem ser acompanhadas por uma adequada vigilância por parte dos médicos de clínica geral e serviços comunitários de saúde, para a detecção de casos (WHO, 2005).

A prevenção da Doença dos Legionários depende da boa manutenção das fontes possíveis de contaminação, incluindo a limpeza regular e desinfecção, bem como a aplicação de métodos físicos, tais como, regular a temperatura das fontes ou através da aplicação de medidas químicas como biocidas para minimizar o crescimento da bactéria (WHO, 2005).

Alguns exemplos de medidas preventivas são: a limpeza e desinfecção regular das torres de resfriamento, juntamente com a freqüente ou contínua adição de biocidas; manutenção e adequação do nível de biocidas, tais como cloro em piscinas de spa e a limpeza completa de todo o sistema, pelo menos semanalmente; manutenção da limpeza dos sistemas de água fria e quente mantendo-se a água quente a 60 ° C e a fria abaixo de 20 ° C ou, em alternativa, tratando-as com um biocida apto a limitar o crescimento (WHO, 2005).

“Nos últimos 13 anos, vários métodos de desinfecção dos sistemas de distribuição de água, principalmente de hospitais, têm sido testados com relativo sucesso. Os três métodos atualmente utilizados são: (a) superaquecimento da água de 70 a 80°C, (b) instalação de unidade de ionização com cobre e prata e (c) hipercloração da água; com uma concentração de cloro de 6 a 8 ppm” (STOU; YU, (1997) citado por SCHULZ *et al.* (2005).

Aplicando esses controles especialmente nos hospitais, instalações industriais, hotéis, centros de lazer, entre outros locais, poder-se-á reduzir bastante o risco de contaminação por *legionella* spp. e prevenir a ocorrência de casos esporádicos (WHO, 2005).

“A falta de uma política preventiva nos programas de manutenção nos sistemas de refrigeração e ventilação pode ser fator determinante para a ocorrência de poluentes biológicos (microrganismos patogênicos) nos dutos do sistema, e conseqüentemente constituir uma ameaça à saúde dos seus ocupantes” (COSTA e COSTA, 2006).

Uma das medidas de controle também seria adotar o uso de filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air), pois estes filtros, quando adequadamente instalados, possuem uma eficiência mínima de 99,97% na remoção de partículas de 0,3mm. Como medida preventiva, a análise da água de torres de resfriamento e da água condensada em trocadores de calor tipo Fan coil, utilizados comumente em centrais de ar, deve ser realizada (BRASIL, 2004).

De acordo com Ricard, (2002), como forma de combater as infecções por legioneloses, é necessário verificar também se um determinado sistema de água reúne as condições necessárias à entrada, proliferação e transmissão da doença naquele e em demais locais.

Segundo a CDC (1997), (“*Disease Control and Prevention*”) recomenda-se a rotina dos testes ambientais no sistema com água em Hospitais, mesmo quando casos de infecção por *Legionella* spp. nunca tenham sido identificadas.

Segundo Craver (2003), se o resultado de análises de amostras de água em hospitais for negativo para *Legionella* spp., então o risco de adquirir infecções por este tipo de bactéria será baixo. No entanto, se o resultado das análises for positivo, médicos e outros profissionais devem ser notificados para a realização de testes apropriados de diagnóstico de *Legionella* spp., assim como, deverá haver um aumento na vigilância destes ambientes, bem como também, a realização da descontaminação da água onde os focos foram detectados.

No Brasil, poucos dados referentes à Doença dos Legionários estão disponíveis na literatura (Schulz *et al.*, 2005). A cultura rotineira de coletar amostras no sistema de abastecimento de água para detecção de focos de *Legionella* spp., tem provado ser uma estratégia importante na prevenção desta doença (SABRIA e YU, 2002).

Segundo Sabria e Yu (2002), um laudo periódico de colonização de *Legionella* spp. no abastecimento de água em um hospital, aumentaria as provas de um médico nas suspeitas da doença por *Legionella* spp. e facilitaria na indicação dos métodos de tratamento.

Ainda de acordo com Sabria e Yu, (2002), de todos os métodos utilizados para combater a *Legionella* spp. nenhum é considerado ideal, pois muitos permitem a recolonização por *Legionellas*, em longo prazo, provocando corrosão nos encanamentos como também liberando bioprodutos carcinogênicos na água de

consumo humano. Estudos com alguns métodos como a utilização do dióxido de cloro e da monocloramina estão sendo realizados.

Ionização com Cobre e Prata são os métodos utilizados com maior sucesso na desinfecção de *Legionella* spp. nos sistemas de abastecimento de água em hospitais (SABRIA e YU., 2002).

A manutenção preventiva dos focos de *Legionella* spp. em hospitais é uma tarefa altamente recomendada. Infelizmente, esta medida não é totalmente eficaz, pois as águas oriundas do próprio fornecimento público podem, em alguns casos, estar contaminadas com este tipo de bactéria (SABRIA e YU., 2002).

3.7.6. Torre de resfriamento

Segundo Nguyen, *et al.* (2006), as torres de resfriamento são utilizadas nos hospitais e em outras instalações, com a finalidade de dissipar o calor residual do sistema de ar condicionado. A recirculação da água transfere energia térmica do ar condicionado para a atmosfera. Arrastada pelo ar, essa água é muitas vezes introduzida no interior do ambiente refrigerado (COSTA e COSTA, 2006).

Um fator que aumenta a possibilidade do crescimento de *Legionella* spp. nas torres de resfriamento é a temperatura elevada da água, que geralmente ultrapassa os 20°C, sendo que, em estações como o verão, as temperaturas são ainda maiores, na maioria dos casos superiores a 30°C. Outro fator que aumenta as chances de crescimento e multiplicação desta bactéria é a possibilidade alta de formar biofilme nas variadas superfícies da torre. Contudo, os agentes biológicos podem proliferar-se na água da bandeja do condensado dos aparelhos de ar condicionado ou nas torres de refrigeração dos sistemas de ventilação (FUENTE, 2005).

Desde o surto de pneumonia entre os membros da Legião Americana em 1976 na Filadélfia, as torres de resfriamento têm sido descritas como a principal fonte de vários surtos de legioneloses de grande e pequena escala. A maior parte destes surtos foi adquirida na comunidade, como pode ser observado em um estudo feito na Europa entre os anos de 2000 a 2002 (JOSEPH, 2004).

A *Legionella* spp. que se prolifera em torres de resfriamento apresenta uma área de contágio de até 3,2 quilômetros ao redor do foco de contaminação e pode infectar uma pessoa após um curto tempo de exposição (WHO 2005). Já Nguyen, *et al.* (2006) em seu estudo, relatou que uma torre de resfriamento, de uma indústria resultou em um surto comunitário grande de *Legionella* spp. cuja transmissão desta doença pode ter sido aerotransportada a uma distância de pelo menos 6 km da fonte primária.

Tem sido demonstrado que a concentração de *Legionellas* spp. nas torres de resfriamento é influenciada pela temperatura de operação, pela estação do ano, pelo volume do sistema, além de outros fatores ambientais (FLIERMANS (1996); BENTHAM e BROADBENT (1993); BHOPAL e FALLON (1991); FLIERMANS *et al.*(1981); citado por BENTHAM, (2000)).

Um estudo de focos de *Legionella* spp. nos sistemas hídricos de quarenta e quatro instalações hospitalares na Espanha foi realizado durante o período de 2005 a 2006. De um total de 2341 amostras, que foram coletadas em pontos como a torre de resfriamento e nos sistemas de água potável, 373 delas produziram *Legionella* spp., sendo que as concentrações mais elevadas foram obtidas nos isolamentos desta bactéria nas torres de resfriamento (RIVERA *et al.*, 2007).

O estudo de Bentham, (2000), em torres de resfriamento teve como resultados uma concentração média de *Legionellas* spp. menor que 100 UFC/ml. Segundo o mesmo autor, a avaliação dos riscos de focos de *Legionella* spp., baseada exclusivamente em contagens de bactérias através das unidades formadoras de colônia por mililitros (UFC/ml), pode ser muitas vezes enganosa.

Engelhart *et al.* (2007), em seu estudo de caso em um hospital, associou a infecção por *Legionella* spp. de um paciente a torre de resfriamento do mesmo local. Este paciente, além de possuir características que o predispunham à doença, costumava fumar diariamente em uma sacada do hospital, localizado a 90 metros do foco da *Legionella* spp. As amostras da torre mostraram uma concentração de 100 UFC/ml e o transporte dos aerossóis a partir do foco de contaminação foi provavelmente favorecido pelas condições meteorológicas, mais especificamente devido ao fenômeno de inversão térmica.

Um surto de *Legionella* spp. ocorreu em outubro de 2003 em Hereford, uma cidade rural que está localizada na região leste de Midlands, no Reino Unido. Um inquérito do surto foi realizado, sendo constituído por uma investigação epidemiológica, identificação e investigação das fontes ambientais, análise das amostras clínicas e ambientais, além do mapeamento das prováveis fontes e das residências dos pacientes em estudo. No total, 28 casos foram confirmados e identificados, sendo então associados a um grupo de torres de resfriamento (KIRRAGE *et al.*, 2007).

Entre os meses de agosto e setembro de 1978, um surto de Doença dos Legionários ocorreu em Memphis, Tennessee. Das 44 pessoas que adquiriram a doença, todos tinham sido pacientes, colaboradores, visitantes, ou transeuntes em um hospital em Memphis durante os dez dias anteriores. Presumindo-se um período de incubação entre dois e dez dias da Doença dos Legionários, o aparecimento dos casos foi correlacionado precisamente com o uso, no Hospital, de uma torre de resfriamento no sistema de ar condicionado. A *Legionella pneumophila* foi recuperada a partir de duas amostras de água coletadas na torre de resfriamento. Os casos de infecção parecem ter sido associados ao ambiente dentro e fora do hospital. (DONDERO, *et al.*, 1980)

3.7.7. Águas potáveis

A *Legionella* spp. também foi encontrada habitando os encanamentos de água que abastecem muitos hospitais. Esta bactéria é consideravelmente mais resistente ao cloro que a maioria das outras bactérias e pode sobreviver por longos períodos em águas com baixo nível de cloração (TORTORA *et al.*, 2005).

A Vigilância das Doenças Transmissíveis do Reino Unido informou que, no período de 1982 a 1990, 19 dos 20 surtos de infecção hospitalar por *Legionella* spp. foram atribuídos às fontes de abastecimento de água potável (JOSEPH, 2004).

No estudo de Ferreira e Cunha (2007), os resultados das amostras dos reservatórios de água de cinco hospitais do Rio de Janeiro foram positivos para a presença de *Legionella pneumophila*.

Em outro estudo, a *Legionella pneumophila* foi isolada em 60% das amostras de água coletadas no hospital A e em 100% das amostras de água coletadas no hospital B. Além desse tipo de *Legionella*, foram isolados também no hospital A, *Legionella micdadei* e no hospital B, *Legionella bozemanii*, *Legionella anisa* e *Legionella micdadei* (FERREIRA, 2002).

De acordo com o trabalho de Hlady *et al.*, (1993), a água do chafariz de um Hotel em Orlando, Flórida, local onde foram sediadas convenções em 1992, foi o único ambiente nas 55 amostras ambientais examinadas, que apresentou resultado positivo para *Legionella* spp. Tanto a amostra de água isolada do chafariz, como as amostras clínicas isoladas dos pacientes que apresentaram os sintomas de pneumonia e que estiveram neste hotel, apresentaram resultados idênticos de *Legionella pneumophila* sorogrupo 1. O chafariz apresentava o sistema de recirculação de água em situação irregular e esta água pode ter sido aquecida por uma iluminação submersa, o que pode ter facilitado a proliferação deste tipo de bactéria.

3.8. Métodos de detecção e amostragem de *Legionella* spp.

As *Legionellas* spp. são incapazes de crescer em meios de cultivo comumente utilizados em laboratórios, tais como Agar sangue (FERREIRA e CUNHA, 2007). A bactéria do gênero *Legionella* pôde ser primeiramente isolada em Agar bacteriológico, conhecido como Mueller-Hinton, suplementado com hemoglobina. Com o tempo, os meios de isolamento deste tipo de microrganismo foram aprimorando-se e resultaram em um meio que é o mais usado atualmente, conhecido por BCYE (*Buffered Charcoal Yeast Extract Agar* (FIELDS, 2005).

De acordo com TA *et al.* (1995), a interpretação dos resultados de culturas ambientais de *Legionella* spp. é uma tarefa difícil, isto devido a atual falta de padronização de amostragem e dos métodos de cultivos. A seguir, estão apresentados os principais métodos de detecção e amostragem de *Legionella* spp. em amostras ambientais.

3.8.1. Cultura de amostras de água

A análise de amostras de água é o método microbiológico mais eficiente para identificação de focos de *Legionella* spp.. O Método de cultura continua a ser o mais escolhido para detecção de *Legionella* spp., principalmente porque métodos sem a utilização de cultura não podem prover informações a respeito da viabilidade das bactérias (FIELDS, 2005).

Na maior parte das investigações epidemiológicas de legioneloses, têm sido utilizadas as culturas para detectar as amostras ambientais de *Legionella* spp.. Como resultado, a maioria das informações epidemiológicas pertinentes relativas à legioneloses é baseada em dados diretos de culturas. (FIELDS, 2005).

3.8.2. Cultura de amostras de ar

A cultura de amostras de ar é um método insensível de detecção desta bactéria e de valor limitado em amostras ambientais de *Legionella* spp. Em certos casos, pode ser benéfico para demonstrar a presença de gotículas de aerossóis de *Legionella* spp. associados a suspeita de um reservatório com esta bactéria. Amostragem de ar tem sido utilizada para definir melhor os papéis de alguns dispositivos, tais como, chuveiros, torneiras, evaporadores e condensadores na transmissão da doença (FIELDS, 2005).

Este método é habitualmente utilizado para estabelecer a presença de *Legionella* spp. em aerossóis e, ocasionalmente, quantificar as gotículas ou determinar o tamanho das partículas contendo bactérias do gênero *Legionella*. As amostras devem ser instaladas em locais que representem a exposição humana (FIELDS, 2005).

3.8.3. Outros métodos para detectar *Legionella* spp.

Inúmeros métodos sem cultivo têm sido desenvolvidos para detectar *Legionella* spp. em amostras ambientais. Estes métodos oferecem um potencial muito elevado de sensibilidade. Métodos sem a utilização de culturas microbiológicas incluem procedimentos para detecção de organismos com anti-soros específicos por DFA (“*Direct Fluorescent Antibody*”), coloração e procedimentos para a detecção de ácidos nucleicos de *Legionella* spp. por PCR (“*Polymerase Chain Reaction*”). No entanto, enquanto não se possuir uma melhor compreensão da diversidade e distribuição da *Legionella* spp., resultados baseados em métodos não-cultura devem ser cautelosamente interpretados (FIELDS, 2005). Esses métodos estão apresentados, com maiores detalhes, a seguir.

DFA e PCR

O uso da DFA para detectar bactéria do gênero *Legionella* é limitado pelo número de anti-soros específicos que podem ser utilizados. Uma vez que não há anti-soros que reagem especificamente com todas as espécies de *Legionella*, um anti-soro diferencial deve ser utilizado para cada espécie ou sorogrupo. Relatórios sobre a sensibilidade e especificidade dos testes de amostras ambientais com DFA variam muito, mas a maioria dos estudos indicam que o teste é relativamente insensível e inespecífico (FIELDS, 2005).

Já o uso da PCR para detecção de ácidos nucleicos de *Legionella* spp. no meio ambiente tem demonstrado ser uma técnica valiosa para as investigações de legioneloses (FIELDS, 2005).

Comercialmente são produzidos kits de PCR que contém dois exames capazes de detectar DNA do gênero de *Legionella* e dos tipos de *Legionella pneumophila*. Os resultados da utilização de cultura e da utilização do kit para se detectar uma espécie *L pneumophila* são similares. Entretanto, os resultados positivos para o gênero *Legionella* em águas doces podem chegar a até 80% das amostras com a utilização de PCR, enquanto apenas 20 a 40%, aproximadamente, tem resultados positivos com a utilização do método de cultura (FIELDS, 2005).

3.9. Legislação

Muitos estudos têm sido desenvolvidos, principalmente na Europa e nos Estados Unidos, sobre qualidade do ar em ambientes internos. No entanto, a comparação destes resultados com a realidade brasileira não é recomendada. Isso porque, no Brasil, há diferenças relacionadas a fatores climáticos, sócio-econômicos, geográficos e habitacionais. As diferenças climáticas são capazes de acarretar uma variável considerável na dinâmica dos poluentes atmosféricos nesses dois sistemas (BRICKUS e AQUINO NETO 1999).

De acordo com Brickus e Aquino Neto (1999), a avaliação e as soluções dos problemas relacionados a qualidade do ar interno requerem um entendimento melhor das fontes de emissão, da ventilação do prédio e das salas, dos processos que afetam o transporte e o destino dos contaminantes. Com o agrupamento desses processos, pode-se determinar as concentrações finais dos contaminantes que, após serem detectados e quantificados, torna-se possível a avaliação da qualidade do ar interno.

No Brasil, os estudos de qualidade do ar interno aumentaram muito nos últimos anos. Na presente data, o país já conta com algumas regulamentações publicadas pelo Ministério da Saúde e Agência Nacional de Vigilância Sanitária, como a Portaria 3.523 (BRASIL, 1998), que introduziu critérios e procedimentos para limpeza e manutenção dos sistemas de climatização e a Resolução nº 9 (BRASIL, 2003), que determina Padrões Referenciais de Qualidade do Ar de Interiores em ambientes climatizados artificialmente, de uso público e coletivo. (COSTA e COSTA, 2006).

Entretanto, alguns trabalhos como o de Quadros, (2008), sugere mudanças na Resolução nº 9 (BRASIL, 2003), como uma diminuição no valor máximo de 750 UFC/m³ em ambientes internos, para contaminação microbiológica.

De acordo com Brickus e Aquino Neto (1999), “*A discussão em torno das leis que regulamentam a qualidade do ar de interiores (QAI) no Brasil esconde questões muito mais abrangentes, dentre as quais a formulação de conclusões precipitadas, geradas antes mesmo das devidas ponderações*”.

Segundo Ricard, (2002), o controle e prevenção de *Legionella* spp. nos países europeus é uma medida levada a sério. Na Inglaterra, por exemplo, o “*Health and Safety Executive*” (HSE), órgão regulador, tornou obrigatório em janeiro de 2001 o

controle de *Legionella* spp. em sistemas de águas. Os Estados Unidos não possuem uma regulamentação federal, mas a OSHA (“*Occupational Safety and Health Admn.*”), o CTI (“*Colling Tower Institute*”) e o ASHRAE (“*Amer. Soc. Of Heating Refri. And Air Conditioning Engineers*”) já publicaram recomendações sobre o assunto.

No Brasil, é importante que a exposição de agentes biológicos como fator de agressão a saúde humana, que já faz parte da Portaria 3.523 (BRASIL, 1998) e da Resolução nº 9 (BRASIL, 2003), inclua também a exposição de agentes biológicos como a *Legionella* spp., para que medidas de controle possam ser utilizadas para prevenir possíveis casos ou surtos desta doença (RICARD, 2002).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Locais de estudo

Os locais escolhidos para estudo de possíveis focos de *Legionella* spp. foram dois hospitais localizados na região da Grande Florianópolis, SC. Estes ambientes prestam diferentes tipos de serviços à população, tais como internações, cirurgias e atendimentos de emergência em diferentes especialidades. Esses dois estabelecimentos de saúde serão referidos neste trabalho como “Hospital A” e “Hospital B”.

Para poder dar início às primeiras etapas do trabalho, foi solicitado à direção dos hospitais A e B, a assinatura de um documento de autorização, para que fosse possível o acesso a algumas informações como também aos locais em estudo.

4.2. Pontos de amostragem

As amostras de água para investigação da presença da *Legionella* spp. foram coletadas em dois pontos específicos do sistema de climatização dos hospitais A e B: uma nas torres de resfriamento de água, figuras 9 e 10 respectivamente e a outra, nas bandejas do condensado, figura 11 e 12 respectivamente.

Os locais de amostragem escolhidos estão citados entre as principais fontes de poluentes biológicos na Resolução nº 9, de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (BRASIL, 2003).



Figura 9: Torre de resfriamento de água do hospital A.



Figura 10: Torre de resfriamento de água do hospital B.



Figura 11: Bandeja do condensado do Hospital A.



Figura 12: Bandeja do condensado do Hospital B.

4.3. Amostragem de *Legionella* spp.

A coleta e análise das amostras de água para investigação de possíveis focos de *Legionella* spp. nos pontos especificados, foram baseadas em alguns procedimentos estabelecidos pelo *American Public Health Association*, 1998, com algumas alterações, que estão apresentadas na seqüência.

4.3.1. Procedimentos de coleta

As amostras foram coletadas nos hospitais A e B no dia 30 de outubro de 2008, no período da tarde. Neste dia, a temperatura média foi de 21°C. Todas as amostras foram coletadas em garrafas plásticas esterilizadas, com tampa rosqueável, com capacidade de 1 litro.

Assim, 1 litro de amostra de água foi coletado na torre de resfriamento (figura 13) e na bandeja do condensado (figura 14) do sistema de climatização no Hospital A.



Figura 13: Coleta de amostra na torre de resfriamento do Hospital A.



Figura 14: Coleta de amostra na bandeja de condensado do Hospital A.

No Hospital B, 1 litro de amostra foi coletado na torre de resfriamento (figura 15) e aproximadamente 800 ml na bandeja do condensado (figura 16), isto devido a pouca água existente no local.



Figura 15: Coleta de amostra na torre de resfriamento do Hospital B.



Figura 16: Coleta de amostra na bandeja do condensado do Hospital B.

Em seguida, as quatro amostras foram devidamente numeradas para melhor identificação (figura 17) e encaminhadas em uma bolsa térmica (figura 18) ao Laboratório Pró-Ambiente localizado em Porto Alegre, RS.



Figura 17: Amostras devidamente identificadas.



Figura 18: Transporte das amostras em uma bolsa térmica.

4.3.2. Procedimentos Laboratoriais

No laboratório, aproximadamente 20 horas depois da coleta da primeira amostra, as análises começaram a ser realizadas. A solução de 0,1N de Tiosulfato de Sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), especificada pela norma da *American Public Health Association*, 1998, utilizada como forma a neutralizar qualquer cloro residual existente nas amostras, não foi adicionada. Os demais procedimentos laboratoriais são apresentados a seguir.

4.3.2.1. Concentração da amostra

As quatro amostras passaram anteriormente por uma etapa de concentração, com o auxílio de uma centrífuga. Assim 10 ml de cada uma das quatro amostras ambientais foram colocados dentro do tubo da centrífuga com capacidade de 50 ml,

contendo 10 ml de água esterilizada. Centrifugou-se a amostra a 5000 rpm (3000g), retirou-se a suspensão, restando assim, no tubo, apenas o sedimento. Na seqüência, novamente foi adicionado 10 ml de amostra e 10 ml de água esterilizada, sendo a amostra novamente centrifugada e o sobrenadante retirado, restando somente o material sedimentado, ou seja, a amostra concentrada.

4.3.2.2. *Inoculação no meio de cultura*

Feito a concentração da amostra, uma quantia de 1 ml de amostra concentrada na centrífuga foi distribuída entre as 3 placas de meio de cultura seletivo BCYE (figura 19). A distribuição sobre essas placas foi feito com auxílio de um dispositivo estéril.

Aproximadamente a cada 48 horas as placas foram examinadas e as colônias suspeitas de serem do gênero *Legionella*, que se desenvolveram em meio seletivo, foram repicadas e inoculadas novamente em meio seletivo e em Agar sangue para se obter uma confirmação. Isto porque, o meio de cultura Agar sangue, ou outro comumente utilizado em análises microbiológicas, não oferecem condições ideais ao crescimento das *Legionellas* spp. Assim, quando há suspeita de uma colônia ser do gênero *Legionella*, se a mesma, depois de inoculada em meio de cultura Agar sangue e novamente em meio seletivo BCYE apresentar desenvolvimento somente neste meio específico, pode-se presumir que esta colônia trata-se deste tipo de bactéria.



Figura 19: Placas contendo meio de cultura seletivo BCYE.

4.3.2.3. Incubação das amostras

As placas com as amostras em meio seletivo BCYE, inclusive as repicadas neste meio seletivo, foram então incubadas durante 10 dias a uma temperatura de 35°C, em uma incubadora umidificada com atmosfera de 2,5% de CO₂ em ar, no laboratório. Já as amostras repicadas em meio Agar sangue, foram incubadas durante 48 horas.

4.3.2.4. Exame das culturas

As análises foram efetuadas com auxílio de um microscópio óptico para visualização e detecção das possíveis colônias que se aparentaram semelhantes às de *Legionella* spp. De acordo com a CDC (2005), as colônias de *Legionella* spp. têm como características o formato convexo, redondo e o centro geralmente possui a cor branca.

5. RESULTADOS

Na torre de resfriamento do Hospital A, notou-se a presença de uma pequena quantidade de biofilme em suas laterais. Já na torre de resfriamento do Hospital B, não foi notada a presença de biofilme, no entanto, percebeu-se que a água estava com uma coloração esverdeada.

Notou-se na bandeja do condensado do Hospital A e do Hospital B, uma pequena quantidade de água acumulada. As superfícies destas apresentavam ferrugem em suas paredes, sendo que na bandeja do Hospital A notou-se a presença de biofilme. Vale ressaltar que estas duas bandejas fazem parte do sistema de ar condicionado mais antigo nos dois hospitais. A maior parte das bandejas encontradas, nos hospitais analisados, compõe o sistema mais novo e não apresentavam água depositada em suas superfícies. Este fato deve-se a geometria mais recente destas bandejas, que apresentam uma inclinação em direção ao dreno, para que a água seja escoada rapidamente. Outra observação importante é que, nestas novas bandejas, devido ao material as quais são fabricadas, não foram percebidas incrustações em suas superfícies.

Após os procedimentos laboratoriais de concentração das amostras, distribuição em triplicata entre placas de meio de cultura seletivo e posterior incubação, as placas puderam ser examinadas. Em nenhuma das quatro amostras coletadas foi detectada a presença de bactérias com características *Legionella* spp.

No entanto, nas quatro amostras, mesmo com a utilização de um meio específico para o desenvolvimento de *Legionella* spp., observou-se a presença de uma algumas colônias de fungos e bactérias, conforme as figuras 20, 21, 22 e 23 a seguir.



Figura 20: Placas da Torre de Resfriamento Hospital A.



Figura 21: Placas da Torre de Resfriamento do Hospital B.

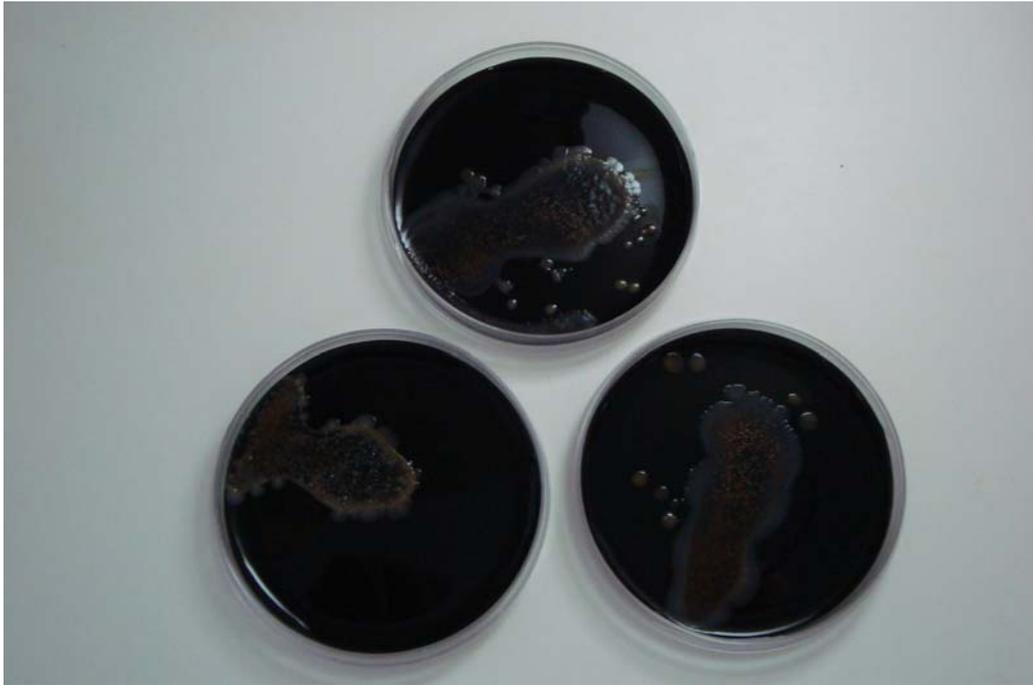


Figura 22: Placas da Bandeja de Condensado do Hospital A.



Figura 23: Placas da Bandeja de Condensado do Hospital B.

6. DISCUSSÃO

Baseando-se somente no resultado das análises, sem considerar alguns aspectos que podem ter influenciado na detecção desta bactéria, pode-se dizer que os hospitais A e B não apresentaram focos de *Legionella* spp. nos pontos do sistema de ar condicionado analisados.

O crescimento de algumas colônias de bactérias e fungos que se desenvolveram no meio BCYE, específico para o crescimento de *Legionella* spp., pode também prejudicar a qualidade do ar e ocasionalmente, a saúde humana nos hospitais analisados. Este problema é mais grave na bandeja do condensado com acúmulo de água, onde estes microrganismos têm contato direto com o ar que é distribuído para os ambientes de um edifício.

No entanto, apenas a detecção visual das colônias que crescem em meio BCYE e aparentam ser ou não do gênero *Legionella* pode não ser uma técnica muito confiável. Para obter-se resultados mais seguros, outras técnicas poderiam ser também utilizadas tais como kits de PCR que contém dois exames capazes de detectar DNA do gênero de *Legionella* e dos tipos de *Legionella pneumophila*.

As duas bandejas do condensado examinadas apresentavam grande quantidade de material incrustado em sua superfície. De acordo com Alary e Joly (1992); Wadowsky e Yee (1985); citado por HA (2006), além da temperatura, vários outros fatores podem promover a proliferação de *Legionella* spp., tais como: a presença de lamas, sedimentos, minerais e resíduos de metais ligados a incrustações ou a corrosão.

Estas mesmas bandejas não possuíam um decaimento para o dreno que recolhe a água condensada, retendo, muitas vezes, a água em suas superfícies. No entanto, vale ressaltar que nos dois hospitais analisados a maior parte das bandejas estava sem acúmulo de água e em boas condições de conservação, sendo que os dois tipos de bandeja dos quais foram coletadas as amostras, fazem parte do sistema antigo de ar condicionado.

Nas paredes laterais da torre de resfriamento do Hospital A foi observada a presença de uma pequena quantidade de biofilme depositado. Já a água presente na torre de resfriamento do Hospital B apresentava característica esverdeada. Isto deve servir como um alerta para os dois hospitais quanto à manutenção destes dois

ambientes. Alguns trabalhos, como o de Barbaree, *et al.* (1985), associaram locais com surtos da bactéria do gênero *Legionella* a presença de amebas e ciliados na água da torre de resfriamento contendo *Legionella pneumophila*. O ciliado *Tetrahymena* spp. e as amebas repetidamente demonstraram a capacidade de suportar a multiplicação intracelular de *Legionella pneumophila*. Estes protozoários podem ser reservatórios de apoio a sobrevivência e multiplicação de *Legionellas* spp. virulentas em torres de resfriamento de água.

Os aerossóis contaminados da torre de resfriamento podem contaminar o ambiente interno através do sistema de ar condicionado, com a existência de vazamentos nas serpentinas de água, ou no momento da captação do ar externo contaminado com os aerossóis provenientes da torre. Mesmo sabendo que o sistema possui filtros de ar para conter diferentes tipos de partículas, é importante alertar para estas formas de contato desse tipo de bactéria no sistema, pois alguns filtros apresentam eficiências inferiores aos valores esperados. A exemplo deste problema, o sistema de ar condicionado investigado no trabalho de Quadros (2008), apresentou uma eficiência do filtro-bolsa inferior ao valor esperado para remoção de material particulado de 0,4 µm.

Outra forma de contaminação do ar interno com aerossóis com bactérias provenientes da torre pode-se dar através de aberturas existentes no edifício como as janelas e portas.

Contudo, foi observado no decorrer deste trabalho, uma grande dificuldade em encontrar o meio de cultura específico para a análise deste tipo de bactéria. Provavelmente este problema ocorra devido à baixa procura destes meios no mercado, daí o seu alto valor comparado a outros meios comumente utilizados para análise de outros microrganismos. Isto se torna um empecilho para prática deste tipo de análise como forma de prevenção e monitoramento.

De acordo com a *American Public Health Association*, 1998, a recuperação de bactérias do gênero *Legionella* de amostras ambientais é muitas vezes uma tarefa difícil. A *Legionella* spp. pode demorar a crescer em placas com meio de cultura e, mesmo com tratamento antecipado com ácido e aditivo de antibióticos no meio, o crescimento de outros organismos mais rápidos podem surgir antes da bactéria do gênero *Legionella*.

Sendo assim, destacam-se alguns aspectos que podem ter influenciado os resultados das análises:

- O procedimento de tratamento da amostra com ácido, indicado pela *American Public Health Association, 1998*, não foi realizado, pois o laboratório para onde as amostras foram encaminhadas, não realiza mais este procedimento. De acordo com a CDC (2005), em muitas amostras com altas concentrações de microrganismos, é necessário usar um procedimento seletivo para redução do número de bactérias não *Legionella* spp. antes da inoculação em meio de cultura. Isto porque, a *Legionella* spp. é mais resistente a baixo pH e a breve exposição a altas temperaturas que muitas outras bactérias de fontes ambientais.

- As amostras foram coletadas na primavera, estação com temperaturas amenas, o que pode ter influenciado também o desenvolvimento da *Legionella* spp. Isto porque, esta bactéria prefere temperaturas mais quentes, observadas em estações como verão e início do outono.

- Outra questão que merece destaque, principalmente em relação às torres de resfriamento, é que o mês de outubro, do presente ano, mês em que foram coletadas as amostras, apresentou semanas chuvosas, o que pôde ter influência no não desenvolvimento da bactéria.

- Em relação às bandejas do condensado, uma questão que pode ter influenciado nos resultados é que a maioria dos aparelhos de ar condicionado, nos dois hospitais, não estavam ligados, devido às temperaturas amenas, diferente do que geralmente ocorre em estações mais quentes, onde os mesmos aparelhos trabalham constantemente. Este fator pode ter influenciado na ausência de *Legionella* spp., pois a água recolhida na bandeja do condensado provavelmente foi condensada das serpentinas recentemente, sendo o tempo para desenvolvimento da bactéria reduzido.

Há um grande número de dados referentes às infecções hospitalares, doenças adquiridas em viagens e doenças adquiridas na comunidade referentes a bactéria

Legionella spp., principalmente nos países Europeus e da América do Norte. Isto porque, nestes países, há uma conscientização e controle maior deste tipo de bactéria. Tal controle deveria ocorrer também no Brasil, pois o país apresenta algumas condições propícias para proliferação da *Legionella* spp. em diferentes ambientes, tais como climas quentes em boa parte do ano e as possíveis fontes de contaminação.

No entanto, existem poucos trabalhos brasileiros relacionados aos focos e dados de infecções ocasionados pela bactéria *Legionella* spp. Apesar de o país já possuir regulamentações que se preocupam com a qualidade do ar interno, tais como a Resolução nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003) e a Portaria 3523 do Ministério da Saúde (BRASIL, 1998), não há um destaque nesses documentos em relação à bactéria *Legionella* spp. nos ambientes climatizados.

Portanto, falta uma exigência legal de monitoramento dos principais focos e de metodologias específicas para a análise de *Legionella* spp. no Brasil. Esta exigência reduziria o problema de contaminação por este tipo de bactéria e aumentaria o monitoramento dos principais focos de proliferação deste microrganismo, reduzindo assim, as contaminações esporádicas e evitando possíveis surtos.

7. CONCLUSÕES

A partir dos dados obtidos nas análises e das pesquisas realizadas, chegou-se às seguintes conclusões:

- Não foi detectada a presença da bactéria *Legionella* spp. nas torres de resfriamento nos dois hospitais investigados;
- Não foi detectada a presença da bactéria *Legionella* spp. nas bandejas do condensado nos dois hospitais investigados;
- A análise de apenas uma amostra de água de cada ponto e, considerando-se alguns fatores como as condições climáticas não favoráveis ao desenvolvimento

deste tipo de bactéria, os resultados apresentados não podem confirmar a total inexistência de *Legionella* spp. nesses ambientes;

- Entre os principais fatores que podem ter influenciado o resultado das análises, além das condições climáticas, como temperatura amena e períodos chuvosos, pode-se ressaltar também a falta, nas amostras, de tratamento antecipado com ácido. Além disso, o desenvolvimento da *Legionella* spp. principalmente nas bandejas do condensado pode ter sido influenciado pelo não funcionamento constante dos aparelhos de ar condicionado.

- Falta uma regulamentação nacional que indique padrões e metodologias para a investigação, controle e prevenção dessa bactéria no Brasil.

8. RECOMENDAÇÕES

A partir dos dados obtidos nas análises e das pesquisas realizadas, é possível fazer as seguintes recomendações:

- Os dados deste trabalho, apesar de apresentarem resultados negativos quanto à presença de *Legionella* spp. nos dois hospitais analisados, devem servir como incentivo para novas pesquisas deste tipo de bactéria;

- Apesar da análise de *Legionella* spp. ser uma questão preocupante em ambientes hospitalares, outros ambientes, como em sistemas de ar condicionado de prédios públicos, muitas vezes antigos e com pouca rotina de manutenção, devem ser monitorados e alertados para este problema;

- Recomenda-se a continuação deste trabalho com a investigação de outras fontes, além das que estão ligadas ao sistema de ar condicionado, que já foram identificadas como focos de contaminação de *Legionella* spp. Entre estas fontes podem-se destacar reservatórios de águas, principalmente os sistemas com água

quente, fontes de decoração, piscinas de spas, umidificadores, ou mesmo swabs da saída de torneiras e chuveiros;

- Para aumentar a confiança nos dados deste trabalho, um número maior de amostras deve ser coletado, em diferentes dias, principalmente em estações em que haja grandes chances de desenvolvimento de *Legionella* spp.;

- Seria ideal, portanto, para continuação deste trabalho, estar o mesmo vinculado a um projeto de pesquisa, com verbas disponíveis para compra dos materiais necessários à análise deste microrganismo;

- Seria importante também, além da supervisão de um professor com conhecimentos na área de poluição atmosférica, a supervisão de um profissional na área de microbiologia, para orientação acerca das análises microbiológicas de futuras pesquisas;

- Em ambientes onde a presença de bactérias do gênero *Legionella* spp. forem encontradas, recomendar-se-ia a identificação principalmente da *Legionella pneumophila*. Nestes locais, seria interessante a utilização de amostradores de ar próximos as fontes de proliferação desta bactéria, simulando assim, a exposição humana no ambiente.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, **Standard methods for the examination of the water and wastewater**, 20th Edition, Copuright, New York, 1998.

ANDRADE, D. A. **Manutenção de um ambiente hospitalar biologicamente seguro: avaliação microbiológica dos leitos de um hospital geral antes de depois de sua limpeza terminal**. Tese de Doutorado. Ribeirão Preto, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 1998.

BARBAREE, James M.; FIELDS, Barry S.; FEELEY, James C.; GORMAN, George W.; MARTIN, William T. Isolation of Protozoa from Water Associated with a Legionellosis Outbreak and Demonstration of Intracellular Multiplication of *Legionella pneumophila*. **APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY**, Feb. 1986, p. 422-424. Vol. 51, No. 2. American Society for Microbiology.

BARRY, Brenda E. Chaper 48: *LEGIONELLA*. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York. McGraw-Hill, 2004. 1448 pg.

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

BEARG, David W. Chaper 7: HVAC Systems. . In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York. McGraw-Hill, 2004. 1448p.

BENTHAM, Richard H. Routine Sampling and the Control of *Legionella* spp. In Cooling Tower Water Systems. Department of Environmental Health, Flinders University of South Australia. **CURRENT MICROBIOLOGY** Vol. 41 (2000), pp. 271–275.

BOLICK, Dianna; BRADY, Curtis; BRUNER, Deborah Watkins; EDELSTEIN Sari; LANE, Karen; MCLAUGHLIN, Mary B; NELSON, Anna. **Segurança e Controle de Infecção**. Tradução: Carlos Henrique Cosendey. 2000 Rio de Janeiro: Reichmann e Affonso Editores. 368p.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria n° 3.523, de 28 de agosto de 1998**. Diário Oficial da União. Critérios e procedimentos para limpeza e manutenção dos sistemas de climatização. Ministério da Saúde e Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Aspectos de Segurança no Ambiente Hospitalar**. (2004) Disponível em

<http://www.opas.org.br/gentequefazsaude/bvsde/bvsacd/cd49/seguro.pdf> Acessado em 22 de outubro de 2008.

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

BRICKUS, Leila S. R.; AQUINO NETO, Francisco R. A qualidade do ar de interiores e a química. **Química Nova.** vol.22 n.1 São Paulo Jan./Feb. 1999.

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

CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Guidelines for prevention of nosocomial pneumonia.** MMWR Morb Mortal Wkly Rep 1997; pg 1-79.

CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Patient Facts: Learn More about Legionnaires' disease.** Jun 27, 2008. Legionellosis Resource Site (Legionnaires' Disease and Pontiac Fever). Disponível em: http://www.cdc.gov/legionella/patient_facts.htm Acessado em 22 de outubro de 2008.

CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Procedures for the Recovery of Legionella from the Environment.** January 2005. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta.

CHE, D; DECLUDT, B; CAMPESE, C; DESENCLOS, J C. Sporadic cases of community acquired legionnaires' disease: an ecological study to identify new sources of contamination. **J. Epidemiol. Community Health** 2003; 57; 466-469.

COSTA, Maria de Fátima Barrozo da; COSTA, Marco Antonio Ferreira. A Qualidade Do Ar De Interiores E A Saúde Humana. Interfacehs - **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente** - v.1, n.2, Artigo 5, dez 2006. Disponível em: www.interfacehs.sp.senac.br. Acessado em 02/05/08.

COUTO, Renato Camargos; PEDROSA, Tânia Maria Grillo. Enciclopédia da Saúde: Infecção hospitalar. Rio de Janeiro: MEDSI. 235p. **Enciclopédia da saúde;** Volume 1, 2001.

CRAVEN, Donald E. Progress in the Battle Against Nosocomial Legionnaires' Disease: Shedding Light on Shades of Gray. **Infection Control and Hospital Epidemiology.** Editorial. August, 2003. Vol. 24 No. 8. P. 560-562.

DILGUERIAN, Mirian Gonçalves. **Síndrome do Edifício Doente: Responsabilidade Civil da Municipalidade diante do Estatuto da Cidade.** São Paulo: Editora Letras Jurídicas: 2005, 269 p.

DONDERO, Timothy J.; RENDTORFF, Robert C.; MALUSON, George F.; WEEKS, R. Mark; LEVY, Joe s.; WONG, Edward W.; NER, William Schaff. An Outbreak of Legionnaires' disease Associated with a Contaminated Air-Conditioning Cooling Tower. **The New England Journal of Medicine.** Vol 302 No.7. Feb, 14, 1980. P 365 – 370.

Environmental Protection Agency (EPA). **An Office Building Occupant's Guide to Indoor Air Quality,** October 1997.

Environmental Protection Agency (EPA). **Healthy Buildings, Healthy People: A Vision For The 21st Century.** October 2001.

Environmental Protection Agency (EPA). **Sick Building Syndrome - Indoor Air Facts.** No. 4 – EPA, February 1991.

Environmental Protection Agency (EPA). **Ventilation and Air Quality in Offices.** Fact Sheet– EPA, July 1990.

ENGELHART, Steffen; PLEISCHL, Stefan; LUCK, Christian; MARKLEIN, Gunter; FISCHNALLER, Edith; MARTIN, Sybille; SIMON, Arne; Exner, Martin. Hospital-acquired legionellosis originating from a cooling tower during a period of thermal inversion. **International Journal of Hygiene Environmental Health,** 2007.

ETCHEBEHERE, Alexandre; SERVILIERI, Kerly Maire; REGAZZI, Rogério Dias; PEDROSO, Margareth Zabeu; SARTORELLI, Elza Maria; CARLOS, Ana Lúcia; NABESHIMA, Mariana Akemi; CARDOSO, Marília Mendes; NUNES, Natália Rodrigues da Silva; DIAS, Thiago. **A Metrologia Participa Do Controle De Infecções Hospitalares Cuidando Da Qualidade Do Ar.** METROSAÚDE 2005 – Simpósio de Metrologia na Área da Saúde, São Paulo.

EVENSON, L. J. Legionnaires' disease. **Prim. Care Update Ob./Gyns.,** Gainesville, v. 5, n. 6, 1998, p. 286-289.

FERREIRA, Aldo Pacheco. **Deteção e Avaliação Epidemiológica de Legionella pneumophila em Água de Uso Hospitalar.** VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002.

FERREIRA, Aldo Pacheco; CUNHA, Cynara de Lourdes Nóbrega. Pesquisa de Legionella pneumophila nas redes de abastecimento hospitalar. **Revista Eletrônica de Comunicação Informação e Inovação em Saúde,** 2007.

FIELDS, Barry S; Legionellae and Legionnaires' Disease. In: HURST, Christon J. **Manual of Environmental Microbiology.** American Society for Microbiology, Washington, D.C. 2005.

FIELDS, Barry S; BENSON, Robert F; BESSER, Richard E. *Legionella* and Legionnaires' Disease: 25 Years of Investigation. **Clinical Microbiology Reviews**, p. 506–526. Vol. 15, No. 3. July 2002.

FUENTE, Lucía De La. Prevención y control de *Legionella pneumophila*. **Mapfre Seguridad** - N.º 99 - Tercer Trimestre, 2005. pags. 15-28.

GODISH, Thad. **Air Quality**. Second edition. Lewis publishers. 422p. 1991.

GUIZÈREZ, E *et al.* The influence of age and gender on the population based incidence of community-acquired pneumonia caused by different microbial pathogens. **Journal of Infeccion**, 2006, n.53, p.166-174.

GUPTA, Sanjeev; KHARE, Mukesh; GOYAL, Radha. Sick building syndrome - A case study in a multistory centrally air-conditioned building in the Delhi City. **Building and Environment** 42 (2006) pg. 2797–2809.

HA T. L. La légionellose: un risque environnemental. **Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)**, Département développement durable, division santé. Elsevier Masson SAS, 2006.

HLADY, W. Gary; MULLEN, Robert C.; MINTZ, Clifford S.; SHELTON, Brian G.; HOPKINS, Richard S.; DAIKOS, George L. Outbreak of Legionnaire's Disease Linked to a Decorative Fountain by Molecular Epidemiology. **American Journal of Epidemiology**. Volume 138, Number 8. October 15, 1993. P 555-562.

JONES, W. P. **Engenharia de Ar Condicionado**. Tradução de Alcir de Faro Orlando. 1983. Rio de Janeiro: Campus, 1083. 505p.

JOSEPH, C.A. Legionnaires' disease in Europe 2000–2002. **Epidemiol. Infect.** 2004. 132, pg. 417–424.

KIRRAGE, David; REYNOLDS, Gary; SMITH, Gillian E.; OLOWOKURE, Babatunde. Investigation of an outbreak of Legionnaires' disease: Hereford, UK 2003. **Respiratory Medicine** (2007) 101, 1639–1644

LEUNG, M.; CHAN, A. H. S. Control and management of hospital indoor air quality. **Medical Science Monitor**, 2006 v.12, p.17-23.

LIMA DE PAULA, Julia Ferreira. **Aeromicrobiota do ambiente cirúrgico: princípios e peculiaridades da climatização artificial**. Dissertação de mestrado. Ribeirão Preto, 2003. Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

MCKINNEY, Ross E. **Environmental Pollution Control Microbiology**. Kansas, U.S.A. Copyright 2004 by Marcel Dekker, 437p.

NGUYEN, T.M.; ILEF, D.; JARRAUD, S.; ROUIL, L.; CAMPESE, C.; CHE, D.; HAEGHEBAERT, S.; GANIAYRE, F.; MARCEL, F.; ETIENNE, J.; DESENCLOS, J.C. A community-wide outbreak of legionnaires disease linked to industrial cooling towers – how far can contaminated aerosols spread? **Journal Infect.**, 2006 Pg 102–111.

QUADROS, Marina Eller. **Qualidade do Ar em Ambientes Internos Hospitalares: Parâmetros Físicos-Químicos e Microbiológicos**. Dissertação de mestrado da UFSC, 2008.

REDLICH, Carrie A.; SPARER, Judy; CULLEN, Mark R. **Sick-building syndrome - Occupational medicine**. Yale Occupational and Environmental Medicine Program, Yale University School of Medicine. *Lancet* 1997; 349: 1013–16.

RICARD, Isabelle. Procedimentos sobre Legionella no Brasil e no mundo. Publicado: **Revista Climatização**, nº 23 julho 2002.

RIVERA, J. M.; AGUILAR, L.; GRANIZO, J.J.; VOS-ARENILLA, A.; GIMÉNEZ, M.-J.; AGUIAR, J. M.; PRIETO, J. Isolation of Legionella species/serogroups from water cooling systems compared with potable water systems in Spanish healthcare facilities. **Journal of Hospital Infection** 67, 2007 pg. 360-366.

SABRIA, Miguel; YU, Victor L. Hospital-acquired legionellosis: solutions for a preventable infection. **THE LANCET Infectious Diseases**. Vol 2, 2002.

SCHULZ, Denys; CECONI, TULIO M.; SCHULZ, ALYNE; BATISTA, CLEIDE R. V.; PARUCKER, LUCY M. B. B. Doença dos Legionários: uma Revisão. **RBAC**. vol. 37(4): 251-255, 2005

SILVA FILHO, Germano Nunes; OLIVEIRA, Vetúria Lopes. **Microbiologia: Manual de Aulas Práticas**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007. 157p.

SPENGLER, John D. SAMET, Jonathan M. MCCARTHY, John F. **Introduction to the IAQ Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004. 1448p.

STERLING, Theodor D; COLLETT, Chris; RUMEL, Davi. A epidemiologia dos "edifícios doentes". **Revista de saúde pública**, São Paulo. 1991. pág 56-63.

TA, Alyssa C.; STOUT, Janet E.; YU, Victor L.; WAGENER, Marilyn M. Comparison of Culture Methods for Monitoring *Legionella* Species in Hospital Potable Water Systems and Recommendations for Standardization of Such Methods. **Journal of Clinical Microbiology**, Aug. 1995, p. 2118–2123.

TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. **Microbiologia**. Tradução Atual. Por Roberta Marchiori Martins. – 8. ed. – Porto Alegre: Artmed. 2005. 894p.

TOWNSEND, Terry E. **Indoor air quality: Clean, green HVAC machine.** 2006-07 president of ASHRAE. (2007).

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Indoor air pollutants: exposure and health effects** (Euro Reports and Studies, 78). Copenhagen.1983.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Indoor air quality: biological contaminants.** Rautavara, 1998.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Legionellosis.** Fact sheet, N°285. February 2005. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs285/en/index.html> Acessado em 30 de setembro de 2008.

YU, Ming-Ho. **Environmental toxicology: biological and health effects of pollutants.** Second Edition. Department of Environmental Sciences, Western Washington University, Bellingham, Washington, USA. 2005 by CRC Press LLC. 339p.

ANEXO 1: Classificação dos filtros de ar conforme ABNT 6401.

CLASSIFICAÇÃO DOS FILTROS	EFICIÊNCIA (%)
GROSSOS	
G0	30-59
G1	60-74
G2	75-84
G3	85 e acima
FINOS	
F1	40-69
F2	70-89
F3	90 e acima
ABSOLUTOS	
A1	85 -94,9
A2	95-99,96
A3	99,97 e acima