

CONDICIONAMENTO DE AR EM SALAS DE OPERAÇÃO E CONTROLE DE INFECÇÃO – UMA REVISÃO.

AIR CONDITIONING IN OPERATING ROOMS AND INFECTION CONTROL – A REVIEW

ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE EN SALAS DE OPERACIONES Y EL CONTROL DE INFECCIONES – UNA REVISIÓN.

May Socorro Martinez Afonso¹, Adenicia Custodia SilvaeSouza², Anaclara Ferreira Veiga Tipple³, Eliene Aparecida Machado⁴, Eliane Alves Lucas⁵

RESUMO: Revisão bibliográfica, realizada junto aos bancos de dados MED LINE, LILACS, SCIELO, Ministério da Saúde e outros buscadores, com o objetivo de identificar os fatores que torna o ar condicionado fonte de contaminação ambiental. O ar é contaminado por partículas que transportam microrganismos. As fontes de partículas incluem pacientes e equipe cirúrgica. O controle da temperatura, umidade relativa, pressão, número de trocas de ar realizadas por hora, paramentação, tráfego, número de pessoas nas salas e manutenção e limpeza do sistema de ar condicionado dos centros cirúrgicos, são fatores importantes na redução do número de microrganismos no ambiente de sala de operação.

PALAVRAS CHAVES: Sala de cirurgia; Infecção hospitalar; Ar condicionado.

ABSTRACT: This bibliographic survey in data banks such as MEDLINE, LILACS, SCIELO, Ministry of Health, among others aims at identifying what makes air conditioners a source of environmental contamination. The air is contaminated by particles which transport microorganisms. The sources of particles include patients and surgical staff. The control of the temperature, relative humidity, pressure, number of changes of air accomplished per hour, clothes, traffic, number of people in the rooms, maintenance and cleaning of the system of conditioned air of surgical centers are major factors for the reduction of the number of microorganisms in the environment of operating rooms.

KEY WORDS: Operating room; Hospital infection; Air conditioning.

RESUMEN: Revisión bibliográfica realizada en bancos de dados como MEDLINE, LILACS, SCIELO, Ministerio de Salud entre otros buscadores con el objetivo de identificar los factores que tornan los acondicionadores del aire fuente de contaminación ambiental. El aire es contaminado por partículas que transportan microorganismos. Las fuentes de partículas incluyen pacientes y equipo quirúrgico. El control de la temperatura, humedad relativa, presión, número de cambios del aire realizados por hora, trajes, tránsito, número de personas en las salas y mantenimiento y limpieza del sistema de

acondicionador del aire dos quirófanos son factores importantes para la reducción del número de microorganismos en el ambiente de sala de operación.

PALABRAS CLAVE: Quirófanos; Infección hospitalaria; Acondicionador del aire.

* Artigo extraído de dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Mestrado da FEN/UFG, defendida em 23/12/2006. Pesquisa vinculada ao Núcleo de estudos e pesquisas em controle de infecção hospitalar - NEPIH da FEN/UFG.

¹ Enfermeira, Mestre em Enfermagem, Professora Assistente II do curso de Enfermagem da Universidade Salgado de Oliveira. Av. E, n.801, apt.204-A, Jd. Goiás, Cep. 74810-030. mayafonso@yahoo.com.br.

² Enfermeira, Doutora em Enfermagem, Professora Adjunta da Faculdade de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás. Rua 227, Qd 68 s/n (FEN/UFG); Setor Leste Universitário. CEP 74605-080, Goiânia (GO). e-mail: adenicia@fen.ufg.br.

³ Enfermeira, Doutora em Enfermagem, Professora Adjunta da Faculdade de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás. Rua 227, Qd 68 s/n (FEN/UFG); Setor Leste Universitário. CEP 74605-080, Goiânia (GO). e-mail: anaclara@fen.ufg.br.

⁴ Acadêmica de Enfermagem da Faculdade de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás – UCG. . Rua 227, Qd 68 s/n (FEN/UFG); Setor Leste Universitário. CEP 74605-080, Goiânia (GO).

⁵ Acadêmica de Enfermagem da Faculdade de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás – UCG. . Rua 227, Qd 68 s/n (FEN/UFG); Setor Leste Universitário. CEP 74605-080, Goiânia (GO).

INTRODUÇÃO

Infecção hospitalar (IH) “é aquela adquirida após a admissão do paciente e que se manifesta durante a internação ou após a alta, quando puder ser relacionada com a internação ou procedimentos hospitalares” (BRASIL, 1998, p.3).

A Associação Paulista de Estudos em Controle de Infecção Hospitalar - APECIH (2001, p.7) descreve que o termo “infecção em ferida cirúrgica” deve ser mudado para “infecção em sítio cirúrgico”, pois as infecções pós-operatórias, não se limitam somente ao local da ferida operatória, mas também a outras partes do corpo.

Infecção de sítio cirúrgico, para a APECIH (2001), é aquela infecção que se desenvolve até trinta dias após o procedimento cirúrgico, ou até um ano após, em procedimentos cirúrgicos onde foram realizados implantes de próteses ou até a retirada das mesmas.

O controle de infecção em sítio cirúrgico tem sido uma preocupação constante desde os primórdios das cirurgias e permeia toda a evolução do cuidado de enfermagem perioperatória (PIERSON, 1997).

Segundo OETKER-BLACK (1993), enfermagem perioperatória é aquela que desempenha seus cuidados junto ao paciente nos períodos pré-operatório, trans-operatório e pós-operatório, e estes cuidados podem ser agrupados em preparo do paciente, preparo de material e equipamentos esterilizados e preparo do ambiente.

Como preparo do ambiente, entende-se fornecer um ambiente isento de riscos, o que PIERSON (1997, p.18) denominou de “controle de risco”, definido ainda como “maneira sistemática de detectar problemas e garantir segurança nos cuidados prestados ao paciente”.

O aspecto segurança ambiental abrange as características que previnem e/ou controlam: fontes potenciais de infecção (padrões de circulação de pessoal, sistemas de manuseio e descarte de materiais, padrões de pressão do ar, com distribuição uniforme e adequada ventilação); risco para incêndio; risco para explosões e, também, riscos químicos e elétricos.

NOBRE et al (2001), afirmaram ser necessário o controle de contaminação ambiental do centro cirúrgico para se evitar as infecções hospitalares e, segundo LACERDA et al (1999), o controle ambiental evita, elimina ou reduz a presença de microrganismos no ar, em superfícies, materiais e equipamentos do centro cirúrgico.

Centro Cirúrgico, segundo a Sociedade Brasileira de Enfermeiros de Centro Cirúrgico, Recuperação Pós-Anestésica e Centro de Material e Esterilização - SOBECC (2003) é a área dos estabelecimentos de assistência à saúde especializada e fisicamente determinada para o desenvolvimento de procedimentos cirúrgicos e endoscópicos, de forma a garantir segurança e

conforto para o paciente e para a equipe que lá desenvolve seu trabalho.

Segundo AFONSO et al (2004), em estudo com uma limitação temporal de dez anos nos bancos de dados MEDLINE, LILACS e Ministério da Saúde – Brasil, onde foram analisados 23 textos relativos a ambiente climatizado e transmissão de infecção hospitalar, os microrganismos *Aspergillus*, *Legionella*, *Clostridium*, *Nocardia*, *Acinetobacter* entre outros gêneros, foram encontrados em aparelhos de ar condicionado e estavam relacionados a surtos de infecção hospitalar, concluindo haver risco de infecção hospitalar, transmitida por partícula aérea, oriundas dos aparelhos condicionadores de ar.

Observamos, portanto, necessidade de identificar os fatores que influenciam a qualidade do ar em sala de operação, com vistas à prevenção de infecção em sítio cirúrgico.

OBJETIVO

Identificar por meio de uma revisão sistematizada na literatura os fatores intervenientes na qualidade do ar condicionado em sala de operação, que podem predispor a infecção hospitalar.

METODOLOGIA

Estudo de revisão bibliográfica, com limitação temporal de 1969 a 2005. Os artigos foram levantados nos seguintes bancos de dados: MEDLINE, SCIELO, LILACS e MINISTERIO DA SAÚDE, por meio das palavras chaves “ar condicionado” e “salas de cirurgia”. Para Acesso às informações de fabricantes de aparelhos de ar condicionado foram utilizados buscadores da internet, onde utilizamos a expressão “ar condicionado”, “história do ar condicionado”, “filtro HEPA”, “filtro ULPA”.

Ressaltamos ainda que algumas referências originaram-se de citações de autores nos textos levantados.

Após a busca e leitura dos artigos e textos encontrados, organizamos a revisão em uma evolução histórica do condicionamento do ar, sua aplicação no ambiente cirúrgico e a relação com a infecção hospitalar.

O Condicionamento do ar de Hipócrates à Sérgio Mota

Desde os primórdios da humanidade o homem tem se preocupado com a prevenção e tratamento das doenças que o acometem. Preocupação demonstrada pela adoção de medidas higiênicas pessoais e ambientais e desenvolvimento de formas de tratamentos. Demonstravam, ainda, preocupações com medidas de conforto térmico do ambiente.

No ano 400 a.C., Hipócrates, em sua obra denominada “Ares, águas e lugares”, traçou a relação entre o ambiente e a saúde do indivíduo (ADAMS,

2005). No século XVIII, na Europa, devido a Peste Negra, surge o Higienismo e com ele a *Teoria dos miasmas*, segundo a qual as doenças seriam causadas por mau odor e umidade emanados por pessoas doentes, mortas ou ainda pântanos e águas estagnados que ao serem inalados por pessoas sadias torná-las-iam doentes (RESENDE, 1997).

Baseado na Teoria Miasmática surgiu, então, um novo paradigma de ambiente saudável, que é aquele com paredes claras e com grandes janelas que proporcionariam ventilação abundante com entrada de luz solar, expulsando os miasmas ou odores maléficos, sendo esta, possivelmente, a primeira associação entre cheiro agradável, limpeza e saúde (RESENDE, 1997).

Ainda durante o Século XVIII, em 1751, no *Hospital Saint Thomas*, Londres, surgiu a primeira sala cirúrgica hospitalar, denominada de “Teatro de Operação”, pois possuía acomodações para telespectadores, como nas antigas salas de anatomia, sendo que no Reino Unido esta denominação permanece até os dias atuais (ESSEX-LOPRESTI, 1999).

Estas primeiras salas eram localizadas no último andar dos hospitais, devido à abundância de luz natural e distância dos outros pacientes hospitalizados, que assim não ouviriam os gritos do paciente sendo operado, pois ainda se desconhecia o uso de anestésicos, que passaram a ser utilizados somente a partir do ano de 1846 (ESSEX-LOPRESTI, 1999).

Iniciou-se em 1865, a preocupação com o ar da sala de operação e sua influência na ocorrência de infecção, quando Louis Pasteur sugeriu que as infecções de feridas eram causadas pelo ar que soprava sobre elas, o que influenciou Joseph Lister a usar *spray* de ácido carbólico para reduzir a contaminação do ar, em ambientes onde se realizavam amputações cirúrgicas, conseguindo, com isto, um decréscimo na morbidade e mortalidade dos pacientes (EDMISTON et al, 1999).

Florence Nightingale, contemporânea de Lister e Pasteur, em seu primeiro livro “Notas de Enfermagem - o que é e o que não é” faz abordagem enfática do ambiente como alterador da saúde do paciente, considerando a renovação, a qualidade e a temperatura do ar como forma de promoção e manutenção da saúde de quem permanece em um determinado ambiente (NIGHTGALE, 1989).

O primeiro equipamento, ainda rudimentar, de ar condicionado foi criado em 1897 por Joseph McCreary, sendo o sistema denominado de lavador de ar, pois o sistema era baseado no borrifamento de água (SILVA, 2003).

Em 1902, Willis Haviland Carrier foi o primeiro a conseguir o controle de temperatura e umidade do ar (SILVA, 2003), inventando o que se chama hoje de aparelho de ar condicionado (SPRINGER CARRIER, 2002), cuja função é climatizar o ambiente por meio de controle de temperatura e de umidade do ar,

proporcionando conforto térmico para as pessoas que ali convivem (SIQUEIRA, 2000). Em 1914, O *Allegheny General Hospital*, em *Pittsburg - USA*, instalou o primeiro aparelho de ar condicionado hospitalar. O sistema introduzia umidade extra em um berçário de prematuros, ajudando a reduzir a mortalidade por desidratação (SPRINGER CARRIER, 2002).

O primeiro local público a ter um sistema de climatização ambiental foi o *Grauman's Metropolitan Theatre*, de *Los Angeles*, instalado em 1922 (ABRAVA, 2003).

Ainda no início do Século XX, desenvolveu-se um novo tipo de estrutura na construção civil, possibilitando a edificação de prédios maiores e cada vez mais altos, surgindo os chamados “arranha-céus”. Nestes, havia necessidade de prevenir a entrada da poluição externa abundante, resultante da fuligem da combustão do carvão, principal combustível utilizado em indústrias e residências na época e ainda manter a temperatura e umidade em seu interior, confortável para seus ocupantes (STERLING et al, 1991).

Willis Carrier desenvolveu, em 1939, um sistema de dutos que distribuía o ar em alta velocidade através de dutos “*weathermaster*”, suprimindo as necessidades de ar condicionado e iniciando a era de edifícios totalmente climatizados (SPRINGER CARRIER, 2002), não havendo preocupação com a qualidade do ar interior, mas com a prevenção de infiltração da poluição externa (STERLING et al, 1991).

Paralelo a estes acontecimentos, nos anos 30, houve um ressurgimento da preocupação de que o ar seria a fonte de infecção em ferida cirúrgica (STACEY & HUMPHREYS, 2002), e a principal medida para o controle ambiental consistia da limpeza e desinfecção de superfícies, sendo que a tentativa de “desinfecção” do ar era realizada por meio de pulverização de produtos químicos, prática utilizada após cirurgias contaminadas (LACERDA, 2003).

Até a década de 40, o processo de ventilação das salas de cirurgia do Reino Unido consistia de ventiladores extratores, necessários para retirada do vapor gerado no processo de esterilização de materiais, realizado na própria sala de operação, imediatamente antes ou em paralelo à cirurgia que estava sendo realizada (ESSEX-LOPRESTI, 1999; STACEY & HUMPHREYS, 2002).

STACEY & HUMPHREYS (2002) e CHOW & YANG, (2004) citaram que o primeiro estudo sobre partículas aéreas carreadoras de bactérias e sua influência na ocorrência de infecção em feridas foi publicado em 1946 por Bourdillon e Colebrook, que descreveram os efeitos de um novo sistema de ventilação, com ar filtrado, pressão positiva e troca de ar total, na sala utilizada para troca de curativos em queimados, chegando inclusive a advogar 20-30 trocas de ar por hora, para muitas situações.

A pressão positiva em salas de operação foi introduzida no século XX, na década de 40,

resultando em uma redução no número de bactérias detectadas no ar, diminuindo, paralelamente, a taxa de sepsia em pós-operatório (HOLTON & RIGWAY, 1993).

Durante a Segunda Grande Guerra (1940-1945), foram desenvolvidos os primeiros filtros absolutos, ou Filtros HEPA (*High Efficiency Particulate Air*), por Arthur D. Little. Estes filtros, com eficiência mínima de 99,97% e com retenção de partículas de até 0,3µm, inicialmente, foram desenvolvidos para reter contaminantes radioativos presentes no ar que seriam liberados para a atmosfera (CASIBA, 2004).

Com o Programa APOLO da Agência Espacial Americana – NASA, o filtro HEPA não mais atendeu às necessidades práticas desejadas, sendo desenvolvido os Filtros ULPA (*Ultra Low Penetration Air Filters*) que podem eliminar partículas com 0,1-0,2µm de tamanho com uma eficiência de 99, 998% (TAKASAGO SINGAPORE, 2003).

As ações pioneiras no Brasil, em relação à arquitetura hospitalar, surgem a partir da década de 40 (NOBRE & GARCIA, 2003) e com a introdução do sistema climatizado, as janelas do centro cirúrgico foram retiradas para o funcionamento adequado do sistema ocorrendo, então, a divisão das áreas do centro cirúrgico em restrita, semi-restrita e não restrita, com o sentido de normatizar o tipo de vestimenta, bem como o tráfego de pessoal (LACERDA, 2003).

Em 1950, a empresa *Carrier*, em sociedade com Arthur D. Little, iniciou a fabricação comercial dos filtros absolutos (CASIBA, 2004) e dos climatizadores domésticos, conhecidos como aparelhos de janela (SPRINGER CARRIER, 2002).

Nesta década, nos Estados Unidos, era freqüente se utilizar como parâmetro de ventilação em sala de operação: 8 a 12 trocas totais de ar por hora, com ar 100% externo; temperatura média de 25° C e 55% de umidade relativa do ar. Já no Reino Unido, a primeira padronização para ventilação em salas de operação foi o "*Hospital Building Bulletin n.º 1 Operating Theatre Suites*", publicado pelo *National Health Service* em 1957, preconizando que a renovação de ar da sala de operação deveria ser feita por ar fresco, externo, filtrado e insuflado em pressão positiva, embora não citasse o número de trocas a serem executadas por hora (CHOW & YANG, 2004).

Na década de 60, as janelas dos edifícios tornaram-se lacradas, eliminou-se o vão interno de ventilação, a estrutura e paredes passaram a serem feitas com concreto armado, tornando os prédios hermeticamente fechados, e com o fornecimento de ar realizado por estruturas com dutos de ar que eram aquecidos ou resfriados por um equipamento centralizado (STERLING et al, 1991).

O *Medical Research Council*, do Reino Unido, em 1962, apresentou uma lista de requerimentos básicos para o projeto de uma sala de operação, dividindo-a em quatro zonas funcionais, contendo os

padrões de ventilação necessários incluindo o volume de trocas e a pressão de ar em cada zona; recomendava, ainda, o teste do fluxo de ar utilizando-se fumaça (STACEY & HUMPHREYS, 2002).

O primeiro sistema de fluxo de ar laminar para salas de operação foi instalado em 1964, nos Estados Unidos. Fluxo de ar laminar são fluxos de ar horizontais ou verticais, nos quais todo o ar é pré-filtrado através de filtros absolutos e se move em velocidade uniforme, evitando turbulência, em uma única direção, em linhas de fluxo paralelas (CHOW & YANG, 2004).

Em 1969, foi publicado um estudo, realizado por Charnley e Eftekhar, sobre infecções cirúrgicas em artroplastia total de quadril, com especial referência a concentração bacteriana no ar da sala de operação. Foram acompanhadas 2085 cirurgias de prótese total de quadril, realizadas de janeiro de 1959 a setembro de 1967, em que se notou uma queda de 8,9% para 0,5% das taxas de infecção, após a adoção do fluxo de ar laminar nas salas de operação (CHARNLEY & EFTEKHAR, 1969). Esta investigação foi considerada um marco no início do controle de partículas aéreas carreadoras de microrganismo em centro cirúrgico.

Em 1973, ocorre a Guerra do *Yon-Kippur*, entre árabes e israelenses, ocorrendo crise mundial pelo embargo ao fornecimento de petróleo aos Estados Unidos e a Europa. A medida é tomada pela Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), em represália ao apoio à ocupação, no mesmo ano, de territórios palestinos por Israel. Após o embargo, a OPEP estabelece cotas de produção de petróleo e quadruplica os preços (de U\$ 2,9 para U\$ 11,65 o barril de petróleo), um aumento de 301% (EDUCATERRA, 2004).

Com o estabelecimento de cotas de petróleo, seguiu-se grande crise energética mundial, já que a maior parte da energia elétrica produzida era gerada através de termoelétricas que funcionavam por meio de derivados de petróleo (BRASIL, 2002). Como resultado indireto desta contenção energética, nos ambientes climatizados, houve a eliminação da renovação do ar dos ambientes, já que o consumo energético é menor quando o aparelho apenas recircula o ar interno, com pouca oscilação térmica.

Esta diminuição da renovação do ar associada à mudança dos tipos de materiais de revestimento, bem como a presença cada vez maior de solventes voláteis utilizados em materiais de limpeza e em alguns artigos de escritório, levaram à diminuição do índice de umidade, pois para a redução de temperatura de um ambiente é necessária a evaporação da água presente. Isso diminui a concentração de oxigênio e lesiona as vias respiratórias, mucosas e pele (SIQUEIRA & DANTAS, 1999; BASENGE, 2001).

A diminuição da umidade relativa do ar desencadeia ressecamento de pele e mucosas, especialmente do trato respiratório, bem como uma

série de outros sinais e sintomas. Assim, em meados da década de 70 e início da década de 80, surge a expressão síndrome dos edifícios doentes (*Sick Building Syndrome*), referindo-se à relação de causa e efeito entre as condições ambientais observadas em áreas internas com redução da renovação do ar e os vários níveis de agressão à saúde de seus ocupantes (STERLING et al, 1991).

STERLING et al (1991) citaram que os edifícios doentes são identificados por uma alta prevalência de sintomas em seus ocupantes, sendo eles: cefaléia, problema nos olhos, problemas nasais, problemas de garganta, sensação de opressão no tórax, dificuldade respiratória, fadiga, letargia (sonolência e debilidade), anomalias de pele (secura, coceira ou irritação), problemas para manter a concentração, vertigem e, por último, em alguns edifícios, tem sido descrito entre as ocupantes grávidas, aumento de abortos espontâneos.

Os fatores que podem levar à síndrome do edifício doente são, segundo ALEXANDRE (1998), insuficiência de ar exterior, má distribuição do ar, controle deficiente de temperatura, projeto inadequado, modificação inadequada após construção e falta de manutenção e higienização dos sistemas.

Em 1976, foi descrito o primeiro surto de uma infecção de pneumonia bacteriana, relacionado a aparelhos climatizadores de ar, ocorrido em uma convenção de legionários americanos na Filadélfia. Na ocasião foi identificada uma nova bactéria, denominada *Legionella pneumophila* (HART & MAKIN, 1991).

No Brasil, durante o governo do Presidente Ernesto Geisel, como política governamental de expansão da rede hospitalar e mediante a necessidade de normas de aprovação de projetos, surge a Portaria nº. 400/BsB de 15/12/77, regulamentando normas e padrões para projetos físicos. Entretanto, não foi abordado nenhum aspecto referente à qualidade do ar em centros cirúrgicos (BRASIL, 1977).

Como forma de implementação às medidas de controle de infecção propostas pela Portaria nº. 193 de 24 de junho de 1983, surgiu, em 1985, a primeira diretriz oficial de controle de infecção, o Manual de Controle de Infecção Hospitalar, publicado pelo Ministério da Saúde, com o objetivo de apoiar os hospitais no manuseio básico para controle de infecções hospitalares (BRASIL, 1985). Este manual colocava que “deixa em segundo plano soluções meramente tecnológicas, como as arquitetônicas, ar condicionado com filtro absoluto, ar laminar e outros”, e ressaltava que isoladamente estas medidas eram ineficazes na solução do problema (BRASIL, 1985, p.7).

Somente em 1994, onze anos depois, estas “soluções tecnológicas” foram consideradas, com a publicação da Portaria 1884/GM de 11 de outubro de 1994, que adotou como norma oficial para

condicionamento de ar em unidades de atendimento à saúde, a Norma Brasileira Registrada (NBR) nº. 7256, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), sobre tratamento de ar em unidades de saúde (BRASIL, 1994). Talvez este hiato temporal tenha tido como consequência um desconhecimento parcial sobre quais medidas são necessárias para prevenção e controle de fontes ambientais de infecção hospitalar e sua menor valorização em relação a outras fontes.

No Brasil, após a morte do ministro Sérgio Mota, ocorrida em 20 de agosto de 1998, provável vítima da Síndrome do Edifício Doente (LOPES, 2004), surgiu a primeira norma para ambientes climatizados, não aplicável a estabelecimento de saúde, a portaria nº. 3.523/GM, de 28 de agosto de 1998, que aprova a Regulamentação Técnica referente aos procedimentos de verificação de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização (BRASIL, 1998).

Em 24 de outubro de 2000, foi publicada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) a Resolução - RE nº. 176, contendo orientação Técnica sobre Padrões Referenciais de qualidade do ar interior, em ambientes de uso público e coletivo (BRASIL, 2000), que foi aprimorada pela Resolução - RE nº.9, de 16 de janeiro de 2003 (BRASIL, 2003), porém, estas resoluções, permaneceram com a observação de não serem aplicáveis a estabelecimento de assistência a saúde.

A literatura mostra que, embora lenta, houve uma evolução na climatização do ar inclusive com a normatização sobre instalação e manutenção dos sistemas de ar condicionado no final do século XX e início do século XXI. Entretanto, especificamente para ambientes cirúrgicos, as normas brasileiras ainda são incipientes.

O ar das salas de operação e sua relação com a infecção hospitalar

Sala de operação (S.O.) é um ambiente com necessidades específicas, precisando, conforme definições anteriores, de um condicionamento de ar, pois segundo LIMA FILHO (2003), é necessário controlar ou limitar a quantidade de partículas suspensas no ar, sejam de origem microbiana ou não, já que as mesmas podem dar origem a reações inflamatórias levando a maiores problemas.

Para minimizar o risco de infecção no sítio cirúrgico, CENTURION et al (2001), recomendaram que os contaminantes do ar devem ser impedidos de se dispersar, além de uma remoção imediata, quando de sua geração.

DANTAS (1998) relatou que a eliminação de partículas pelos indivíduos em um ambiente é correlacionada diretamente com a atividade física que este indivíduo está executando. Assim têm-se os

seguintes números de partículas liberadas: sentado, sem se mover – 100.000 partículas por minuto; sentado movendo mãos e braços – 500.000 partículas/ minuto; deslocando o corpo e fazendo movimento de pouca velocidade – 1.000.000 partículas por minuto e parado ou sentando-se – 2.500.000 partículas por minuto.

Segundo EICKOFF (1994), o ar condicionado é contaminado por partículas, poeira ou filtros colonizados, uma vez que estas partículas são geradas por hospedeiros animados que afetam, principalmente, indivíduos imunocomprometidos. As bactérias e os fungos disseminados são capazes de sobreviver em ambientes secos por longos períodos.

Para SIQUEIRA (2000), o sistema de ar condicionado, devido às bandejas de condensado das máquinas, tem sido considerado fonte importante de distribuição de microrganismos para o ar ambiente. LACERDA (2003) descreveu que este mecanismo, associado ao fenômeno de 90% de recirculação de ar, é responsável pelo aumento de microrganismos na ordem de 1.000 a 100.000 vezes maior em relação ao ar externo. Entre os microrganismos prevalentes em ambientes internos climatizados se destacam as bactérias: *Legionella pneumophila*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Neisseria meningitidis*, *Streptococcus pneumoniae*, *Actinomyces sp.*; os fungos: *Paracoccidioides sp.*, *Penicillium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Fusarium sp.* e os vírus influenza e sincicial. Estes microrganismos, frequentemente são isolados em casos de infecção hospitalar (SIQUEIRA, 2000).

O sistema de ar condicionado pode estar associado a surtos de infecção hospitalar por meio da produção de aerodispersóides a partir de filtros contaminados (DANTAS, 1998; KELKAR et al, 2005).

Há consenso em relação a fontes geradoras de partículas capazes de carrear microrganismos causadores de infecção hospitalar, que são classificadas em fontes internas: pessoas, os ventiladores, os aparelhos de ar condicionado, os nebulizadores, umidificadores, vasos de plantas, e certos tipos de alimento. Quanto às fontes externas, temos o solo, a água, o material orgânico em decomposição, a poeira de construção e reformas (MOSCATO, 2000). Observa-se, ainda, que muitas destas fontes geradoras estão dentro do ambiente de centro cirúrgico.

As fontes de partículas contendo bactérias em salas de operação incluem pacientes e equipe cirúrgica (OWERS et al, 2004). O número de bactérias em partículas aéreas em salas de operação depende quase exclusivamente do número de pessoas na sala e de sua atividade, sendo que 98% das bactérias encontradas na ferida operatória têm sua origem no ar ambiente. (GOSDEN et al, 1998; RITTER, 1999).

As partículas liberadas pelo indivíduo em uma sala de operação tem diversas origens como a

descamação da pele (a taxa de descamação fisiológica de pele é da ordem de 8g de pele/semana), fumaça, talco de luvas, e matérias que possam de alguma forma liberar fibras, como campos e roupas, por exemplo, (LIMA FILHO, 2003).

Um indivíduo normal pode eliminar 3.000 a 60.000 microrganismos por minuto, e o número de partículas de 0,3µm emitidas por minuto pode variar entre 100.000 e 5.000.000 (DENEGRIT & DROUILLY, 1981). Estas partículas funcionam como substrato para a multiplicação microbiana, que duplicam de número a cada vinte minutos (DANTAS, 1998).

Segundo STELING et al (1991), manter uma taxa de umidade do ar entre 40 a 60 % afeta a multiplicação destes microrganismos, mantendo-os sob controle.

Bactérias, escamas de pele, fibras e outras poeiras contaminam o ar da sala de operação e através de correntes de ar turbulentas, depositam-se nas superfícies (DHARAN & PITTET, 2002).

A NBR 7256 (ABNT, 1982), preconiza que as instalações de ar condicionado em unidades médico-assistenciais devem proporcionar controle de temperatura, de umidade relativa, de movimentação, do grau de pureza do ar, da porcentagem e do volume de renovação do ar e ter nível de ruído admissível (BRASIL, 1994).

A contaminação do ar ambiente e, conseqüentemente, dos filtros do sistema de ar condicionado das salas de operação, devido à dispersão dos fragmentos de pele do pessoal que trabalha nas salas de operação, ocorre a partir da exposição da pele e através dos vãos das fibras dos tecidos de que são feitas as roupas do centro cirúrgico (APECIH, 2001; HAMBRAEUS, 1988).

Os fragmentos de pele, ou escamas de pele capazes de carrear bactérias têm um tamanho que varia de 5 a 60 µm, com um tamanho médio de 12 µm (FRIBERG et al, 1996). Já as roupas normalmente utilizadas nas salas de operação apresentam uma trama com poros de 80 a 100 µm, o que permite a passagem destes fragmentos (GOSDEN et al, 1998).

HUBBLE et al (1996), relataram que a roupa usada pela equipe cirúrgica é um fator significativo para prevenção da dispersão de partículas aéreas e HAMBRAEUS (1998) citou que o piso da sala, como fonte de bactérias, é insignificante, em contraste com a roupa utilizada pelo pessoal.

A rota da contaminação aérea da ferida operatória pode ser sumarizada da seguinte forma: pessoas se movimentam e conversam por toda a sala de operação; ocorre liberação de partículas (gotículas, aerossóis, fragmentos de pele e fragmentos de pêlos), que, por sua vez, ficam em suspensão no ar. Estas se depositam diretamente na ferida operatória (contaminação direta) ou nas superfícies onde estão o instrumental e prótese a serem utilizados, bem como nas luvas dos cirurgiões, chegando, assim, indiretamente até a ferida

(GOSDEN et al, 1998; FRIBERG, 1998; DHARAN & PITTET, 2002; OWERS et al, 2004).

EICKHOFF (1994) alertou que a infecção estafilocócica por partículas aéreas em hospitais, tem ocorrido, particularmente, nos centros cirúrgicos e nas enfermarias.

HUMPHREYS (1992) afirmou que a infecção por *Staphylococcus aureus* adquirida em salas de operação pode ser prevenida em parte, melhorando a qualidade biológica do ar durante as cirurgias.

EVERETT & KIPP (1991) descreveram um aumento das infecções em feridas operatórias limpas devido à falta de reparos no sistema de ventilação das salas de operação, e que após a realização destes reparos os níveis de infecção voltaram aos índices esperados.

Surtos de endocardite por *Aspergillus sp.* resultantes da contaminação do ar da sala de cirurgia cardíaca, foram comprovadamente associados à contaminação por esporos de *Aspergillus sp.*, provenientes dos filtros dos aparelhos de ar condicionado.

O acúmulo de fezes de pombos em conduítes de aeração de sala de operação, desencadearam quatro casos de aspergilose em pacientes submetidos a transplante renal (NOLARD, 1994).

SIQUEIRA & DANTAS (1999) correlacionaram que taxas de renovação de ar 100% externo com exaustão total parecem produzir ambientes com menor taxa de infecção hospitalar. A diluição de microrganismos, viabilizada pela ventilação, é fator preponderante para a diminuição do índice de infecção (EVERETT & KIPP, 1991).

Desta forma, observa-se que existe uma correlação entre a incidência de infecções hospitalares e a qualidade do ar climatizado, que poderá ser fonte de bioaerossóis, onde o paciente permanece ou sofre qualquer tipo de procedimento invasivo (EICKHOFF, 1994).

LACERDA (2003) referiu que, nos últimos anos, o ar condicionado do centro cirúrgico tem sido amplamente utilizado e considerado como uma das principais medidas para controlar e reduzir a população microbiana do ar ambiente, levando os projetos mais recentes de construção de áreas críticas a eliminarem janelas e a renovarem naturalmente o ar.

De acordo com a Norma Brasileira Registrada - NBR 7256, os parâmetros brasileiros recomendados para salas de operação, quanto à qualidade do ar, são: temperatura máxima de 24° C e mínima de 19° C; umidade relativa entre 45-60%, realização de 25 trocas totais de ar por hora e utilização de filtros do tipo G2/F2/A3 nos dutos seqüencialmente, devendo ainda a sala ter pressão positiva em relação às áreas adjacentes (ABNT, 1982).

A SOBECC (2003, p.47), em suas recomendações gerais preconiza que, “cada sala de cirurgia deve ter um controle individual de temperatura. Preferencialmente devem ser utilizados

filtros de ar específico de alta eficiência (High Efficiency Particulate Air - HEPA). É recomendável pressão positiva dentro da sala de operação para prevenir a entrada de ar potencialmente contaminado por meio de áreas adjacentes. Para as salas específicas de transplante, ortopédicas é recomendável o uso de fluxo laminar. A manutenção deve ser feita a cada três semanas, sendo que na troca dos filtros de ar é indicada a contagem de partículas”. Recomenda ainda que as salas de operação devem, “possuir um sistema de ar condicionado com finalidade de remover gases anestésicos, controlar a temperatura e umidade, promover uma adequada troca de ar, remover partículas em suspensão, impedir a entrada de partículas de áreas adjacentes; não é recomendado o uso de ar condicionado residencial”.

Por último, temos que as reformas mal planejadas, liberam esporos de *Aspergillus sp.* no ambiente, levando à contaminação dos pacientes (CARDOSO, 1999). Portanto, a execução de qualquer tipo de reforma ou obra, tanto na parte externa como interna do hospital, requer um estratégia de controle da qualidade do ar e de seus possíveis contaminantes, durante todo o período de desenvolvimento de atividades (SIQUEIRA, 2000).

BOUZA et al (2002) demonstraram um significativo aumento de fungos propagados imediatamente após demolição de um prédio que fazia parte do complexo hospitalar onde trabalhavam.

Para NOLARD (1994), quando ocorre reforma em hospitais, nos locais onde possam ser encontrados pacientes imunocomprometidos, é necessário lacrar todas as portas e janelas com fita adesiva. Os *Centers for Disease Control and Prevention* - CDC (2003) recomendaram medidas de acordo com o tamanho das reformas que estão sendo realizadas. Em pequenas reformas, selar o ambiente que está sendo reformado, incluindo portas e janelas, com plástico, utilizando sistemas portáteis com filtros HEPA, para manter o ambiente sob pressão negativa. Em reformas de maior porte, além da pressão negativa, isolar a área com paredes e revesti-las de plástico, de forma que não ocorra nenhuma passagem de fumaça ou poeira. Nos dois casos deve-se aumentar a vigilância epidemiológica em relação aos pacientes imunocomprometidos, devido ao risco de contaminação fúngica.

CONCLUSÃO

A literatura revela uma evolução histórica relacionada ao uso do ar condicionado em salas de operação e traz contribuições importantes para o controle deste ar ambiente condicionado. Esta evolução ocorre tanto no referente à normatização por órgãos competentes, quanto na produção de conhecimento sobre a relação ar ambiente e infecção em sítio cirúrgico.

Como percebemos, os fatores intervenientes são: temperatura, umidade relativa, pressão e número de trocas de ar realizadas por hora, protocolos de paramentação e utilização de roupas, controle do tráfego e do número de pessoas nas salas e, das formas de manutenção e limpeza do sistema de ar condicionado dos centros cirúrgicos, pois podem comprometer a qualidade do ar e contribuir para o aumento de infecções do sítio cirúrgico.

Concluimos, portanto, que o controle do ar ambiente condicionado em salas de operação constitui fator preponderante na prevenção das infecções em sítio cirúrgico e quando todos os fatores intervenientes não são controlados de forma eficaz, poderá acarretar surtos de infecção em sítio cirúrgico, nestes estabelecimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAVA. Ar condicionado completa 1º centenário. *Revista ABRAVA* [online], ano 26, n.193, 2003. Disponível em: http://portalabrava.com.br/quadros2.asp?varLink%20=news/revista/edic_anter.htm&mn=revista [Acesso em 15 nov. 2004].

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7256. Tratamento de ar em unidades de saúde*. Rio de Janeiro: ABNT, 1982.

ADAMS, F. On airs, on waters, on places by Hippocrates. 2005 [online]. Disponível: <http://classics.mit.edu/Hippocrates/airwatpl.1.1.html> [Acesso em 28 abr. 2005].

AFONSO, M.S.M.; TIPPLE, A.F.V.; SOUZA, A.C.S. PRADO, M.A.; ANDERS, P.S. A qualidade do ar em ambientes hospitalares climatizados e sua influência na ocorrência de infecção. *Revista Eletrônica de Enfermagem* [online], v. 6, n. 02, p.181–188 2004. Disponível em: http://www.fen.ufg.br/revista/revista6_2/ar.html [Acesso em 23 set. 2005].

ALEXANDRE, C.S. Qualidade do ar interior. *Boletim técnico* n. 8 1998. [online], Disponível em: <http://www.troxbrasil.com.br/catalogos/BT08.pdf> [Acesso em 25 set. 2003].

APECIH - Associação Paulista de Estudos e Controle de Infecção Hospitalar. *Prevenção de infecção em sítio cirúrgico*. 2ª ed., São Paulo: APECIH, 2001.

BASENGE. Resfriamento Evaporativo do Ar. *Basenge Termodinâmica* 2001 [online]. Disponível em: <http://basenge.com.br/index2.htm> [Acesso em 08 ago. 2001].

BOUZA, E. et.al. Demolition of a hospital building by controlled explosion: the impact on filamentous fungal load in internal and external air. *Journal of Hospital Infection*, v. 52, p.234-42, 2002.

BRASIL, ANVISA – Portaria n. 400 de 6 de dezembro de 1977. Dispõe sobre norma e padrões de instalação e construção em serviços de saúde. *Diário Oficial da União*, Brasília (DF), 06 de dezembro de 1977 [online]. Disponível em: [\[legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=1121\]\(http://legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=1121\)](http://e-</p></div><div data-bbox=)

[Acesso em 24 mai. 2005].

_____, Ministério da Saúde. *Manual de controle de infecção hospitalar*. Centro de documentação do Ministério da Saúde. Brasília, 1985.

_____, ANVISA – Portaria n. 1884/GM – Normas para projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde: *Diário Oficial da União*, Brasília (DF), 11 de outubro de 1994.

_____, Ministério da Saúde. Portaria nº3523/GM. Aprova Regulamento Técnico contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização, para garantir a Qualidade do Ar de Interiores e prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados. *Diário Oficial da União*, Brasília (DF), 28 de agosto de 1998.

_____, ANVISA. Resolução 176. Determina a publicação de orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor, sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. *Diário Oficial da União*, Brasília (DF), 24 de outubro de 2000.

_____, Ministério da Ciência e Tecnologia. Costs of Electrical Energy Production 2002. [online]. Disponível em: http://www.mct.gov.br/clima/ingles/comunic_old/hidrel03.htm [Acesso em 31 out. 2004].

_____. ANVISA. Resolução - RE nº9. Determina a publicação de orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. *Diário Oficial da União*, Brasília (DF), 16 de janeiro de 2003.

CARDOSO, B. Qualidade do Ar é responsável por 10% das infecções hospitalares. *Revista Brasindoor*. v. 3, n.3, p.11-14, 1999.

CASIBA História del filtro absoluto. *Informe Técnico*. 2004. [online]. Disponível em: <http://www.casiba.com/pdf/it-absoluto.pdf> [Acesso em 13 dez. 2004].

_____. CDC, Centers for Disease Control and Prevention. *Guidelines for environmental infection control in health-care facilities* [online]. USA, 2003. Disponível em: http://www.cdc.gov/ncidod/dhqp/pdf/guidelines/Enviro_guide_03.pdf. [Acesso em 30 jan. 2004].

CENTURION, V. et al. Avaliação da qualidade do ar em um centro oftalmológico com sistema de alta imediata. *Rev. Bras, Oftal.* v. 60, n.11, p.789-794, 2001.

CHARNLEY, J.; EFTEKHAR, N. Postoperative infection in total prosthetics replacement arthroplasty of the hip-joint – with special reference to the bacterial content of the air of the operating room. *The British Journal of Surgery*. London, v. 56 n. 9, p. 641-649, 1969

- CHOW, T.T.; YANG, X.Y. Ventilation performance in operating theatres against airborne infection: review of research activities and practical guidance. *Journal of Hospital Infection*. n. 56, p.85-92, 2004.
- DANTAS, E.H.M., Ar condicionado, vilão ou aliado? Uma revisão crítica. *Revista Brasindoor*, v. 2, n. 9, p. 4-9, 1998.
- DENEGRIT A.; DROUILLY, S.A. Infeccion intrahospitalaria y contaminacion por via aerea. *Revista Med. Chilena*. v. 109, n. 12, p. 1235-1239, 1981.
- DHARAN, S.; PITTET, D. Environmental controls in operating theatres, *Journal Hospital Infection*. n. 51, p.79-84, 2002.
- EDMISTON, C.; SINISKI, S.; SEABROOK, G.; SIMONS, D.; GOHEEN, M. Airborne Particulates in the OR Environment. *AORN Journal*, v. 69, n.6, p.1169-1183, 1999.
- EDUCATERRA, As crises do Petróleo. *Mundo*. 2004 [online]. Disponível em: <http://educaterra.terra.com.br/voltaire/mundo/petroleo3.htm> [Acesso em: 10 out. 2004].
- EICKOFF, T.C. Airborne Nosocomial Infection: A contemporary Perspective. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, v. 15, n. 10, p.663-672, 1994.
- ESSEX-LOPRESTI, M. Operating theatre design. *The Lancet*. v. 353, p.1007-10, 1999.
- EVERETT, W. D.; KIPP, H. Epidemiologic observations of operating room infections resulting from variations in ventilation and temperature. *American Journal Infect. Control*. v. 6, n.19, p.277-282, 1991.
- FRIBERG, B. Ultra clean laminar airflow in ORs. *AORN Journal*, v. 67, n. 4, p. 841-849, 1998.
- FRIBERG, B.; FRIBERG,S.; BURMAN, L.G.; LUNDHOLM,R.; ÖSTENSSON, R. Inefficiency of upward displacement operating theatre ventilation. *Journal of Hospital Infection*, v. 33, p. 263-272, 1996.
- GOSDEN, P.E.; MACGOWAN, A.P.; BANNISTER, G.C. Importance of air quality and related factors in the prevention of infection in orthopedic implant surgery. *Journal of Hospital Infection*, v. 39, p. 173-180. 1998.
- HAMBRAEUS, A. Aerobiology in the operating room – a review. *Journal of hospital Infection*, v. 11, supl. A, p. 68-76, 1988.
- HART, C.A., MAKIN, T. Legionella in hospitals: a review. *Journal of Hospital Infection*, n.18, supl. A, p.481-489, 1991.
- HOFFMAM, P.N. et.al. Microbiological commissioning and monitoring of operating suites. *Journal of Hospital Infection*, v. 52, p.1-28, 2002.
- HOLTON, J.; RIDGWAY, G.L. Commissioning operating theatres. *Journal of Hospital Infection*, n.23, p. 153-160, 1993.
- HUBBLE, M.J. et al. Clothing in laminar-flow operating theatres. *Journal Hospital Infection*, v. 32, p.1-7, 1996.
- HUMPHREYS, H. Infection control and the design of a new operating theatre suite. *Journal of Hospital infection*, v. 23, p. 61-70, 1992.
- KELKAR, U.; BAL, A. M., KULKARNI, S. Fungal contamination units in operating theatres in India. *Journal of Hospital Infection*, v. 60, p. 60-84, 2005.
- LACERDA, R A, MARTON, E.de S., SANTOS, M.C.L. Controle Ambiental da SO. *Revista SOBECC*. Ano 4, n.4, p.16-22, 1999.
- _____(coord. Editorial). *Controle de Infecção em centro cirúrgico: fatos, mitos e controvérsias*. Atheneu Editora, 2003.
- LIMA FILHO, A.A. de S. *Microbiota bacteriana aeróbia fungica e partículas não infectantes presentes no ar de ambientes cirúrgicos oftalmológicos na cidade de São Paulo*. 2003. 118f. Tese (Doutorado) Programa de Pós-graduação em Ciências Visuais, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo. São Paulo. (SP).
- LOPES, O.G. *Conforto térmico e qualidade do ar em ambientes* 2004. [online]. Disponível em: <http://cursos.unisanta.br/mecanica/polari/ct-og.pdf> [Acesso em 13 mai. 2004].
- MOSCATO, U. Hygienic management of air conditioning systems. *Società Editrice Universo*, supl. 02, n. 12, p. 249 –54, 2000.
- NIGHTIGALE, F. *Notas de enfermagem o que é e o que não é*. Tradução Amália Correa de Carvalho São Paulo: Cortez Editora, 1989.
- NOBRE, L. F. et al. Avaliação de indicadores do controle da contaminação da sala de operação: um estudo piloto. *Medicina Ribeirão Preto*, v. 34, n.2, p. 183-193, 2001.
- NOBRE, S.S.M. T; GARCIA, R. *Normatização de ambientes de centro cirúrgico e unidade de terapia intensiva*. Sociedade Brasileira de Metrologia – SBM: Recife, 2003. Disponível em: <http://www.metrologia2003.org.br/anais_congresso/M_A0324.pdf>.[Acesso em 24 fev. 2005].
- OLARD, Nicole. Les liens entre les risques d'asdergillose et la contamination de l'environnement.. *Pathol. Biol.*, v. 7, n.42, p.706-10, 1994.
- OETKER-BLACK, S. L. Preoperative preparation: historical development. *AORN Journal*. v. 57, n. 6, p.1402-1410, 1993.
- OWERS, K. L.; E. JAMES; BANNISTER, G.C. Source of bacterial shedding in laminar flow. *Journal Hospital Infection*. v. 58, p.230-32, 2004.
- PIERSON, M.A. Segurança do paciente e do ambiente. In MEEKER, M.H.; ROTHROCK, J.C. *Cuidados de enfermagem ao paciente cirúrgico*. 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1997. Cap.2, p.18-32.
- RESENDE, A L M. A higiene e a morte – o miasma e a onda do pútrido. *Revista Mineira de Enfermagem*. v. 1, n.1, p. 8-12, 1997.
- RITTER, M.A. Operating Room Environment. *Clinical Orthopedics and Related Research*. U.K., n.369, p. 103-109, 1999.
- SILVA, J. G. da. *Introdução à tecnologia da refrigeração e da climatização*. São Paulo: Artliber. 2003.

SIQUEIRA, L. F. de G.; DANTAS, E. Organização e método no processo de avaliação da qualidade do ar de interiores. *Revista Brasindoor*, v. 03 n.2, p. 19-26, 1999.

SIQUEIRA, L. F. Síndrome do edifício doente, o meio ambiente e a infecção hospitalar. In FERNANDES, A T et al. *Infecção hospitalar e suas interfaces na área da saúde*, Rio de Janeiro: Atheneu, 2000. Cap.72, p.1307-22.

SOBECC, *Práticas recomendadas Práticas recomendadas - Sobecc*, 2ª ed. São Paulo. 2003.

SPRINGER CARRIER *Inventamos o ar condicionado*. 2002. [online]. Disponível em:

http://www.springer.com.br/springer/site/conheca/conheca_inventamos.asp [Acesso em 13 dez. 2004].

STACEY, A.; HUMPREYS, H. A UK historical perspective on operating theatre ventilation. *Journal of Hospital Infection*, v. 52, p. 77-80, 2002.

STERLING, T. D.; COLLET, C.; RUMEL, D. A epidemiologia dos “edifícios doentes”. *Rev. Saúde Pública*, v. 1, n.25, p.56-63, 1991.

TAKASAGO SINGAPORE *Clean Technology: why clean room is necessary*. 2003 [online] Disponível em:

http://www.takasago.com.sg/technology.php?page_id=9&PHPSESSID=52556b1200e5b9d7f5998a0be187079b [Acesso em 24 abr. 2004].

Texto recebido em 15/03/2006

Aprovado para publicação em 30/04/2006