

QUALIDADE DO AR INTERNO EM AMBIENTES HOSPITALARES CLIMATIZADOS – VERIFICAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS E DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO

Waldir Nagel Schirmer*, Mayara Ananda Gauer, Mariani Silvia Ester Szymanski

Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-oeste, Irati-PR, Brasil

*E-mail: wanasch@yahoo.com.br

Recebido em 31 de julho de 2010.

Aceito em 20 de agosto de 2010.

RESUMO

Em hospitais, a presença de poluentes no ar interno cria condições que podem comprometer a recuperação dos pacientes e afetar a produtividade dos funcionários. Assim, estes estabelecimentos necessitam de sistemas de climatização que forneçam taxas de ventilação adequadas para garantir o conforto de seus ocupantes e a assepsia dos ambientes. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a qualidade do ar interno em um centro cirúrgico e uma unidade de terapia intensiva através da verificação dos parâmetros físicos de conforto e das concentrações de dióxido de carbono, seguindo-se a metodologia recomendada pela Resolução n° 09 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), bem como propor um sistema de ar condicionado para cada um dos ambientes que atendessem à NBR 7256. Os resultados obtidos permitiram afirmar que a qualidade do ar interno destes ambientes pode ser melhorada, pois muitos dos parâmetros avaliados apresentaram valores superiores aos recomendados pela resolução. As altas concentrações de CO₂ obtidas nestes dois ambientes hospitalares, por exemplo, podem ser justificadas pela falta de renovação de ar, uma vez que os aparelhos de climatização utilizados são desprovidos desta função. Sugere-se que sejam efetuadas mudanças nos sistemas de climatização, fazendo-se uso daqueles que contemplem a renovação do ar a taxas aceitáveis pela legislação vigente.

Palavras-chave: Hospital; Qualidade do ar interno; Ventilação.

1. INTRODUÇÃO

Entende-se por ar interno aquele de áreas não industriais, como habitações, escritórios, escolas e hospitais. O estudo de sua qualidade é importante para garantir saúde aos ocupantes dos diferentes edifícios, bem como o ótimo desempenho de suas atividades [1,2].

A Qualidade do Ar Interno (QAI) surgiu como ciência a partir da década de 70 com a crise energética e a conseqüente construção dos edifícios selados (desprovidos de ventilação natural), principalmente nos países desenvolvidos. Estes edifícios contam com um avançado sistema de controle automatizado da entrada do ar baseado apenas nas variações de temperatura, o que em muitos casos não garante a qualidade necessária à manutenção da saúde e bem-estar de seus ocupantes [1].

O interesse por estudos sobre a QAI aumentou após a descoberta de que a diminuição das taxas de troca de ar nestes ambientes era a grande responsável pelo aumento da concentração de poluentes biológicos e não biológicos no ar interno. Essa preocupação se justifica uma vez que grande parte das pessoas passa a maior parte do seu tempo (em torno de 80%) dentro destes edifícios, sejam eles comerciais ou industriais e, conseqüentemente, expostas aos poluentes destes ambientes [3,4,5].

Além da deficiência ou falta de ventilação (entrada de ar externo, condicionamento e mistura do ar por todo o edifício e exaustão), a má higienização dos aparelhos de ar condicionado também contribui para o aumento dos problemas de QAI. Estes sistemas, quando mal operados e sem manutenção adequada, tornam-se fontes potenciais de contaminantes, principalmente de materiais particulados e microrganismos (decorrentes do acúmulo de umidade nesses sistemas) [6,7,8] (citados [9]).

Estudos da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) indicam que os níveis de concentração de contaminantes podem ser de duas a cinco vezes maiores em ambientes internos do que nos externos, mesmo em cidades altamente industrializadas. Esse fato, juntamente com o tempo de permanência em ambientes internos, faz com que os riscos à saúde humana sejam muito maiores nesses locais [10].

Em hospitais, a presença de compostos químicos e agentes biológicos no ar interno cria condições que podem comprometer a recuperação dos pacientes, além de afetar a saúde e produtividade dos funcionários [11]. Assim, estes estabelecimentos necessitam de sistemas de climatização bem projetados e operados, que forneçam taxas de ventilação adequadas para garantir o conforto dos ocupantes, bem como a assepsia dos ambientes.

Com base no exposto, este trabalho teve como principais objetivos avaliar a QAI em Centro Cirúrgico e Unidade de Terapia Intensiva de um hospital, através da verificação dos parâmetros físicos de conforto (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar) e das concentrações de dióxido de carbono (CO₂) (considerado pela legislação brasileira como indicador de renovação de ar externo), sugerindo um novo sistema de climatização para estes locais, que atenda às recomendações das normas brasileiras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição dos ambientes estudados

O estudo foi desenvolvido em três salas de cirurgia do centro cirúrgico (CC) do hospital, sendo que o número de pessoas dentro de cada sala, durante os procedimentos cirúrgicos, pode chegar a cinco. A área de cada sala, a altura e o volume são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 - Área, altura e volume das salas do CC

Sala	Área (m ²)	Altura (m)	Volume (m ³)
1	36	2,90	104
2	22	2,90	64
3	22	2,90	64

A climatização das salas é feita mediante condicionadores de ar de janela, existindo uma unidade em cada sala. A unidade de terapia intensiva (UTI) do hospital possui área de aproximadamente 300 m², totalizando um volume de 870 m³. O sistema de climatização é do tipo *multi-split*, composto por três módulos que ficam no interior do ambiente (unidades evaporadoras) insuflando o ar e por um módulo que fica no exterior (unidade condensadora), eliminando o ar de dentro do ambiente.

2.2 Determinação das concentrações de CO₂ e dos parâmetros físicos de conforto

Para determinação da concentração de CO₂ nos ambientes avaliados, a metodologia selecionada foi aquela sugerida pela Resolução nº 09, de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) [12]. Para tanto, utilizou-se o analisador automático modelo C-02, da marca Instrutherm, devidamente calibrado, o qual possibilita a leitura direta mediante a utilização de sensor infravermelho não-dispersivo. O sensor apresenta faixa de detecção de 0 a 6.000 ppm, resolução de 1 ppm e precisão de ± 50 ppm.

O trabalho compreendeu três campanhas: uma por semana em cada local. O número de amostragens em cada recinto foi definido segundo a mesma resolução (em função das áreas construídas), sendo realizadas três amostragens na UTI e outras três no CC (em três pontos distintos das salas).

Para o tratamento estatístico dos dados foi utilizado o software StatGraphics Plus, versão 5.1.

Para a obtenção dos valores de temperatura e umidade relativa foi empregado o mesmo analisador que, apresenta para estes dois parâmetros, a seguinte escala de operação:

- *Umidade Relativa*: (10% a 95% UR ± 0,1% UR) ± 3% do valor medido

- *Temperatura*: (-20 °C a 60 °C ± 0,1 °C) ± 0,5 °C

Esta etapa também compreendeu três campanhas, como no caso das aferições de CO₂. Porém, as amostragens foram realizadas em apenas um ponto em cada sala.

Para a medição da velocidade do ar foi utilizado um termoanemômetro de fio quente, da marca Lutron, modelo AM-420HHA, com faixa de operação de 0,2 a 20,0 m s⁻¹, resolução de 0,1 m s⁻¹ e precisão de ± 5% do valor medido. Neste caso, foi realizada uma amostragem em cada ambiente.

Todos os dados foram coletados com os instrumentos a 1,50 m de altura, conforme prescrito pela Resolução ANVISA nº 09 [12].

2.3 Determinação da capacidade de refrigeração e da vazão de ar para a proposição de novo sistema de climatização

A determinação da capacidade de refrigeração dos sistemas de ar condicionado a serem propostos foi calculada com base na estimativa simplificada da carga térmica dos ambientes, por meio de simulador “on-line” disponível em “site” de empresa especializada na área de climatização, levando-se em consideração a área e o número de ocupantes de cada local [13].

Para o cálculo da vazão de ar necessária para garantir o conforto e salubridade dos ambientes, foram considerados os valores prescritos pela norma brasileira ABNT NBR 7256, de 19 de abril de 2005, que fornece os requisitos básicos para projeto de unidades de tratamento de ar em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) (Tabela 2) [14].

TABELA 2 - Parâmetros de projeto para unidades de tratamento de ar em UTI e CC [14].

Local	Vazão mín. de ar exterior [m ³ (h m ²) ⁻¹]	Vazão mín. de ar total [m ³ (h m ²) ⁻¹]	Nível de pressão
UTI	6	18	(+)
Sala de Cirurgia	15	75	(+)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Verificação dos parâmetros físicos de conforto

A Resolução ANVISA nº 09 recomenda que, nas estações mais quentes do ano, as temperaturas em ambientes

internos devem variar entre 23 e 26 °C e, nas estações mais frias, entre 20 e 22 °C, de modo a manter o conforto térmico no local. No que se refere à umidade relativa do ar, a faixa ideal de variação, nas estações mais quentes do ano, é de 40 a 65%. Já nas estações mais frias, a variação deve ser de 35 a 65% [12].

A tabela 3 apresenta os valores médios de temperatura e umidade relativa obtidos neste estudo.

TABELA 3 - Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar

Data ⁽¹⁾	Local	Temperatura ⁽²⁾ (°C)	Umidade Relativa ⁽²⁾ (%)
24 abr.	CC – Sala 1	24,3	64,4
	CC – Sala 2	24,4	57,4
	CC – Sala 3	25,9	55,3
08 mai.	CC – Sala 1	25,6	49,5
	CC – Sala 2	25,2	51,3
	CC – Sala 3	25,4	62,8
15 mai.	CC – Sala 1	24,4	49,2
	CC – Sala 2	27,2	39,1
	CC – Sala 3	23,4	50,4
15 abr.	UTI	22,3	57,3
22 abr.	UTI	21,1	44,4
29 abr.	UTI	24,6	72,9

⁽¹⁾ Todas as campanhas ocorreram no outono de 2008.

⁽²⁾ Cada valor apresentado é uma média aritmética de 20 valores medidos.

Como as amostragens foram realizadas no outono, para a análise dos resultados, consideraram-se os valores estabelecidos para as estações mais frias, já que o outono, na região em estudo, pode ser caracterizado como inverno climatológico, muito embora o inverno austral se dê nos meses de junho a setembro.

Verificou-se que, nas salas de cirurgia, a temperatura apresentou-se fora do padrão em todas as amostragens, sendo que a maior variação em relação ao máximo permitido foi de 3,6 °C para a sala 1 (em 08 de maio), 5,2 °C para a sala 2 (em 15 de maio) e 3,9 °C para a sala 3 (em 24 de abril). Em relação à umidade relativa do ar, todos os valores se mostraram satisfatórios.

Já na UTI, apenas um valor de temperatura se apresentou acima do máximo recomendado. Isso ocorreu no dia 29 de abril, quando se identificou temperatura de 24,6 °C, que excedeu 2,6 °C do valor máximo aceitável. Para a umidade relativa, evidenciou-se, neste mesmo dia, um percentual bastante elevado (72,9%) e, portanto, fora do

prescrito pela Resolução ANVISA nº 09. Uma das explicações para este resultado está no fato de que o mesmo foi obtido em um dia chuvoso, assim, a umidade externa certamente influenciou o aumento dos níveis de umidade no interior do ambiente.

Segundo a Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRVA), em sua Recomendação Normativa 02, ambientes cuja umidade é maior que 60% permitem o desenvolvimento de microrganismos causadores de doenças ou alergia, que podem se alojar e encontrar condições propícias para seu desenvolvimento nos sistemas de ar condicionado. Isto representa um problema grave, especialmente em centros de saúde, onde o controle microbiológico deve ser muito eficiente, de modo a se evitar possíveis focos de infecção. Entretanto, quando essa percentagem é inferior a 30%, pode haver irritação das mucosas e aumento da sensibilidade a alergias [16]. Além disso, Hayes *et al.* e Fang *et al.* [17,18], citados por Nunes [19], afirmam que valores extremos de temperatura e umidade relativa podem influenciar nas taxas de emissão de substâncias químicas, provenientes dos materiais de construção dos prédios, comprometendo ainda mais a QAI do ambiente.

Para o parâmetro físico de velocidade do ar alguns valores foram muito discrepantes, conforme mostra a tabela 4.

TABELA 4 - Velocidade do ar nas salas do CC e UTI

Data	Local	Velocidade média do ar (m s ⁻¹) ^(*)
11 jun.	CC – Sala 1	0,09
13 jun.	CC – Sala 2	0,10
11 jun.	CC – Sala 3	7,07
11 jun.	UTI	0,30

^(*) Cada valor apresentado é uma média aritmética de 10 valores medidos.

A Resolução ANVISA nº 09 determina que o valor máximo da velocidade do ar, a 1,50 m do piso, seja de 0,25 m s⁻¹. Com base nos valores padronizados pela legislação, verificou-se que as salas de cirurgia 1 e 2 atenderam a este parâmetro, enquanto que a sala 3 apresentou um valor extremamente elevado que se deve, provavelmente, a uma regulação inadequada do aparelho de climatização (já que este se encontrava regulado na posição máxima de funcionamento) ou à falta de manutenção do mesmo. Em relação à UTI, a velocidade média do ar também estava acima do estabelecido. Destaca-se, assim, que este parâmetro pode estar gerando incômodo aos usuários da edificação, uma vez que é um dos fatores determinantes em relação ao conforto térmico, em ambientes climatizados [20].

3.2 Verificação das concentrações de CO₂

O CO₂ é um gás incolor e inodoro produzido, principalmente, pela atividade metabólica e por processos de combustão. Quando em concentrações elevadas, age como um asfixiante simples e também como um irritante das vias respiratórias [6,7].

De acordo com a Resolução ANVISA nº 09, este poluente é considerado um indicador das taxas de renovação do ar em ambientes climatizados. Quando sua concentração ultrapassa 1000 ppm significa que o ambiente pode estar quimicamente contaminado, ou seja, as taxas de ventilação estão abaixo do necessário para que se consiga a diluição de outros contaminantes do ar [12,21].

As concentrações de CO₂ obtidas nos ambientes selecionados neste trabalho constam na Tabela 5.

Pela análise dos resultados, verificou-se que os valores obtidos não foram satisfatórios, já que, na maioria das amostragens, a concentração excedeu os 1000 ppm.

No caso do centro cirúrgico, houve variações significativas entre uma amostragem e outra, que podem ser explicadas pelo fato de que algumas amostragens foram realizadas com as salas vazias, enquanto outras foram efetuadas logo após procedimentos cirúrgicos. Por exemplo,

todas as amostragens efetuadas na sala 1 foram feitas em campanhas em que a mesma estava desocupada. Na sala 2, uma das amostragens foi realizada logo após o ato cirúrgico (no dia 08 de maio, onde todos os pontos da sala apresentaram valores superiores a 2000 ppm). Já na sala 3, duas amostragens foram efetuadas após procedimento cirúrgico (dias 08 e 15 de maio, campanhas que apresentaram as maiores concentrações). Tal fato justifica, em boa parte, as altas concentrações de CO₂ observadas nestes dias para estas duas salas já que, com a maior ocupação destas nos momentos de cirurgia, maior tende a ser a produção deste gás, subproduto da respiração humana.

Em relação à UTI, todas as amostragens detectaram valores acima do recomendado, sendo que a concentração mais alta verificada foi de 1978 ppm, quase o dobro do permitido pela legislação. Neste local, as variações nos valores encontrados entre uma amostragem e outra, como destaca Quadros [22], podem ser explicadas por haver entrada e saída constante de pessoas (incluindo visitantes dos pacientes e equipe médica), havendo períodos com maiores ocupações (maior produção de CO₂ no ambiente) e outros períodos cujas taxas de ocupação são menores.

TABELA 5 – Valores das concentrações de CO₂ nos ambientes avaliados

Data	Local	Conc. média ponto 1	Conc. média ponto 2	Conc. média ponto 3	Conc. mín.	Conc. máx.	Média das médias ^(*)	Desvio padrão
15 abr.	UTI	1765,65	1967,05	1977,65	1533,00	2156,00	1903,45 ± 35,17	136,16
22 abr.	UTI	1424,80	1472,80	1466,90	1391,00	1541,00	1454,80 ± 8,92	34,52
29 abr.	UTI	1378,10	1406,90	1574,80	1134,00	1587,00	1453,27 ± 25,26	97,78
24 abr.	CC - Sala 1	1141,30	1238,05	1232,95	948,00	1301,00	1204,10 ± 17,16	66,44
	CC - Sala 2	991,05	1033,90	1116,25	978,00	1153,00	1047,07 ± 15,16	58,70
	CC - Sala 3	972,25	1009,15	1019,10	920,00	1043,00	1000,17 ± 6,67	25,80
08 mai.	CC - Sala 1	1680,70	1646,35	1654,15	1632,00	1760,00	1660,40 ± 6,17	23,89
	CC - Sala 2	2091,15	2109,95	2150,40	2048,00	2165,00	2117,17 ± 7,60	29,43
	CC - Sala 3	2671,85	2782,15	2665,10	2338,00	2848,00	2706,37 ± 26,45	102,40
15 mai.	CC - Sala 1	827,55	992,50	940,35	778,00	1040,00	920,13 ± 19,94	77,21
	CC - Sala 2	669,95	691,45	708,85	664,00	726,00	690,08 ± 4,43	17,14
	CC - Sala 3	1810,50	1311,30	1245,25	1199,00	1908,00	1455,68 ± 67,72	262,16

(*) Valor das médias gerais juntamente com seu intervalo de 95% de confiança.

3.3 Proposição de novo sistema de climatização

Segundo Basto [23], nos centros cirúrgicos não se deve utilizar aparelhos de janela pois, além de não possibilitarem a captação de ar externo, não mantêm uma pressão positiva no local (necessária para que não haja infiltração de ar contaminado, proveniente de outros recintos, nas salas cirúrgicas). Os aparelhos *multi-split*, utilizados na UTI, em comparação aos de janela, refrigeram melhor o

ambiente, possibilitam uma melhor filtragem do ar e permitem um maior controle sobre sua renovação. Os condicionadores *multi-split* utilizados na UTI contam com filtro de nylon, filtro de carvão ativado e filtro de alta eficiência (*High Efficiency Particulate Air*) [24]. Porém, ressalta-se que, no caso específico deste trabalho, a unidade de climatização não estava programada para renovar nenhuma parcela do ar, mas apenas recirculá-lo no ambiente.

A não captura de ar externo, além de contribuir significativamente para a elevação das concentrações de CO₂

nestes locais, causa uma drástica redução nos níveis de oxigênio disponíveis para cada ocupante, o que prejudica as reações químicas inter e intracelulares que ocorrem no corpo humano [21]. Segundo a NBR 7256, “a renovação do ar ambiente com ar novo de boa qualidade proveniente do exterior é necessária para reduzir a concentração de poluentes transportados pelo ar, principalmente os que não são retidos pelos filtros de partículas, como odores e gases” [14].

Os centros cirúrgicos e as unidades de terapia intensiva são descritos pela NBR 7256 como áreas críticas de nível 2, que são áreas onde existem fortes evidências de risco de ocorrência de agravos à saúde relacionados à qualidade do ar, de seus ocupantes ou de pacientes que utilizarão produtos manipulados nestas áreas, baseadas em estudos experimentais, clínicos ou epidemiológicos bem delineados [14]. Nesses casos, devem receber uma vazão de ar exterior de, no mínimo, 15 e 6 m³ (h m²)⁻¹, respectivamente. Conforme essa mesma normativa, os sistemas de climatização utilizados nestes locais necessitam de “insuflamento e exaustão de ar do tipo forçado, atendendo aos requisitos quanto à localização de dutos em relação aos ventiladores, pontos de exaustão do ar e tomadas do mesmo”. Assim, a climatização de ambientes dessa natureza não deve ser projetada apenas para garantir o conforto térmico, mas para garantir também as condições de assepsia, tornando-se uma forma de tratamento complementar para a recuperação dos pacientes [14,25].

Deste modo, sugere-se o uso de sistemas de ar condicionado central de expansão indireta, como os trocadores de calor tipo *fan-coil*. Estes sistemas contam com uma unidade especial, denominada Chiller, que efetua o resfriamento da água. Após esta etapa, a água é encaminhada a um conjunto de serpentinas, diretamente ligadas a um ventilador e a filtros de ar, formando o sistema *fan-coil* (Figura 1) [23].

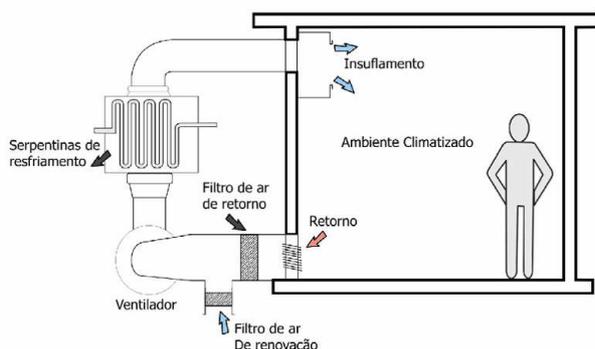


FIGURA 1 - Funcionamento esquemático de um sistema de climatização tipo *fan-coil* [22].

Estas unidades permitem que se tenha um controle eficiente da temperatura e umidade relativa do ar, além de permitirem a sua renovação (de 0 a 100%) e filtragem eficiente [23].

Em se tratando de centro cirúrgico, recomenda-se que este sistema seja acompanhado de difusores especiais, denominados difusores de fluxo laminar unidirecional, cujo funcionamento impede que os contaminantes se espalhem por todo o ambiente. Resumidamente, este tipo de sistema permite que se controle o fluxo de ar na área de trabalho, garantindo o grau de pureza requerido. O ar é insuflado verticalmente, não se misturando com o ar ambiente e é desviado quando entra em contato com a mesa de cirurgia (Figura 2) [26].

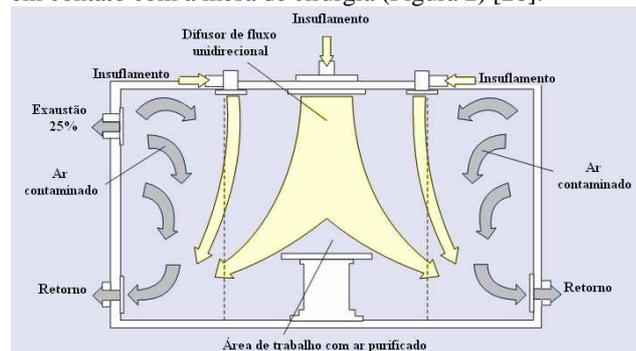


Figura 2 – Funcionamento esquemático de um difusor hospitalar de fluxo laminar unidirecional [26]

A capacidade de refrigeração do ar condicionado, a vazão de ar insuflado requerida em cada um dos casos, o modelo sugerido e o custo aproximado dos equipamentos são descritos na tabela 6.

É conveniente que se adote uma unidade *fan-coil* em cada um dos ambientes, pois, desta maneira, os custos de manutenção e o gasto energético são menores. Além disso, se um dos equipamentos falhar, a climatização não será comprometida em todos os locais. Em relação ao Chiller, a adoção de apenas uma unidade com capacidade de aproximadamente 300.000 BTU h⁻¹ já é suficiente para suprir as necessidades dos ambientes. O custo deste tipo de aparelho, considerando a marca Hitachi como referência, modelo Scroll – DAS, com condensação a ar, é de aproximadamente R\$ 42.000,00 [27].

Quadros [22] avaliou, dentre outros parâmetros, as concentrações de CO₂, em salas de cirurgia e UTI em hospital com sistema de ar condicionado central do tipo *fan-coil*. Os resultados obtidos foram satisfatórios sendo que os valores máximos detectados oscilaram entre 400 e 900 ppm, respeitando-se assim os limites impostos pela legislação brasileira. Desta forma, verifica-se que este tipo de sistema atende às necessidades de ambientes especiais como os hospitalares, sendo indicada sua implantação nestes estabelecimentos como pré-requisito para melhorias na QAI.

Também Quadros, Lisboa, Oliveira e Schirmer [28], verificaram que as concentrações de CO₂ nas salas de cirurgia apresentaram uma relação estreita como número de ocupantes das mesmas, evidenciando que os sistemas de ar condicionado são projetados para atender a um determinado grau de ocupação no ambiente.

TABELA 6 – Capacidade de refrigeração e vazão de ar requerida pelo sistema de climatização

Local	Vazão de ar exterior (m ³ h ⁻¹)	Vazão de ar total (m ³ h ⁻¹)	Capacidade do aparelho (BTU h ⁻¹) ⁽¹⁾	Modelo sugerido	Marca referência	Custo (R\$) ⁽²⁾
UTI	1.800	5.400	216.514	<i>Fan-coil</i>	Hitachi	10.000,00
CC- Sala1	540	2.700	27.685	<i>Fan-coil</i> /Difusor hospitalar	Hitachi/TROX	8.325,00
CC- Sala 2	330	1.650	18.085	<i>Fan-coil</i> /Difusor hospitalar	Hitachi/TROX	7.944,00
CC- Sala 3	330	1.650	18.085	<i>Fan-coil</i> /Difusor hospitalar	Hitachi/TROX	7.944,00

⁽¹⁾ Considerando-se ocupação máxima de 18 pessoas para a UTI e 5 pessoas para o CC.

⁽²⁾ Custo do aparelho sem a instalação.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados, evidenciou-se que a QAI destes locais pode ser melhorada pois, por se tratar de um Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS), as condições de salubridade e conforto ambiental são consideradas decisivas para a melhora do estado de saúde dos enfermos, e também para o melhor desempenho das atividades dos funcionários.

Constatou-se que as concentrações de dióxido de carbono variam com o grau de ocupação dos ambientes, apresentando-se mais elevadas quando há um maior número de pessoas nestes locais. Isso demonstra a necessidade de um sistema de climatização bem projetado para atender a esta demanda de ocupação.

Apenas a filtragem eficiente do ar, como no caso da UTI, não é suficiente para garantir a QAI. Sabe-se que é muito importante o uso de filtros absolutos em sistemas de climatização, de modo a reter partículas e microrganismos, porém, para que tal sistema funcione a contento, é necessário que haja a devida renovação do ar, para a remoção de gases prejudiciais e o controle de odores no local.

Sugere-se que, para que se verifiquem melhorias na QAI, efetuem-se mudanças nos sistemas de climatização, fazendo-se uso daqueles projetados especialmente para tais tipos de ambientes, que contemplem a renovação do ar a taxas aceitáveis pela legislação vigente e permitam a exaustão de ar viciado ou contaminado, além de proporcionarem condições de conforto físico adequadas. Cabe ressaltar a necessidade de manutenção periódica desses sistemas, para que operem devidamente, cumprindo sua função de garantir o bem-estar e a saúde dos indivíduos.

INDOOR AIR QUALITY IN HOSPITALS - Verification of the physical parameters of comfort and the concentration of carbon dioxide

ABSTRACT: In hospitals, the presence of pollutants in the indoor air creates conditions that may prejudice the recovery of patients and affect the productivity of employees. Thus, these places need air conditioning well designed, to provide adequate ventilation rates to ensure the comfort of its occupants and the aseptic of environments. The present study focused on evaluating the indoor air quality (IAQ) in a surgical center and an intensive care unit, by checking the physical parameters of comfort and the concentrations of carbon dioxide, following the procedure recommended by Resolution No. 09 of the National Sanitary Surveillance Agency (ANVISA) and to propose an air conditioning system for each of the environments evaluated. The results showed that the IAQ in those environments may be improved, since some of the parameters showed values higher than those recommended by that resolution. High concentrations of CO₂ obtained, for example, can be justified by the lack of renewal of air. It is suggested that the air conditioning systems must to be substituted for that allowed the renewal of the air at rates acceptable to the current legislation.

Keywords: Hospital; Indoor air quality; Ventilation.

REFERÊNCIAS

- [1] GIODA, A.; AQUINO NETO, F.R.; Cad. Saúde Pública, Vol.19, p.1389-1387, 2003.
- [2] WANG, S.; ANG, H.M.; TADE, M.O.; Environ. Int., Vol. 33, p.694-705, 2007.

- [3] BRICKUS, L.S.; AQUINO NETO, F.R.; Quím. Nova, Vol. 22, 1999.
- [4] LEE, H.; AWBI, H.B.; Build. Environ., Vol.39, p.127-141, 2004.
- [5] TUIEL, I. HOLLOWELL, C.D.; MIKSCH, R.R.; RUDY, J.V.; YOUNG, R.A.; COYE, M.J.; Atmos. Environ., Vol.17, p.51-64, 1983.
- [6] CARMO, A.T.; PRADO, R.T.A.; Qualidade do ar interno. Escola Politécnica da USP; São Paulo, 1999. 35p.
- [7] JONES, A.P.; Atmos. Environ., Vol.33, p.4535-4564, 1999.
- [8] WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Indoor air quality: biological contaminants. Rautavara, 1998.
- [9] LIMA DE PAULA, Juliana Ferreira. Aeromicrobiota do ambiente cirúrgico: princípios e peculiaridades da climatização artificial. 2003. 116f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Enfermagem Fundamental - Mestrado) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2003.
- [10] AMERICAN LUNG ASSOCIATION.; Asthma Magazine, Vol.5, p. 22-23, 2000.
- [11] HELMIS, C.G.; TZOUTZAS, J.; FLOCAS, H.A.; HALIOS, C.H.; STATHOPOULOU, O.I.; ASSIMAKOPOULOS, V.D.; PANIS, V.; APOSTOLATOU, M.; SGOUROS, G.; ADAM, E.; Sci. Total Environ., Vol.377, p.349-365, 2007.
- [12] BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003.
- [13] COLDAR Ar Condicionado. Cálculo da Carga Térmica. Disponível em: http://www.coldar.com.br/2007/carga_termica.asp. Acesso em 30/09/08.
- [14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7256: Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) - Requisitos para projeto e execução das instalações. ABNT: Rio de Janeiro, 2005. 22p.
- [15] METSUL meteorologia. Disponível em: <http://www.metsul.com/secoes/vizualiza.php?codsubsecao=47&codtexto=1088>. Acesso em 15/07/08.
- [16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO (ABRAVA). Recomendação Normativa 02 – Sistemas de Condicionamento de Ar e Ventilação para Conforto. 2003. 18p.
- [17] HAYES, M.S.; GOBBELL, R.V.; GANICK, N.R.; Indoor Air Quality. Solutions and strategies. McGraw Hill; New York, 1995. 417p.
- [18] FANG, L.; CLAUSSEN, G.; FANGER, P.O.; Indoor Air, Vol.9, p.193-201, 1999.
- [19] NUNES, Zilma das Graças. Estudo da qualidade microbiológica do ar de ambientes internos climatizados. 2005. 163 f. Tese (Programa de Pós Graduação em Vigilância Sanitária - Doutorado) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. 2005.
- [20] KWOK, A.G. Thermal comfort: Concepts and guidelines. In: SPENGLER, J.D.; SAMET, J.M.; MCCARTHY, J.F. Indoor Air Quality Handbook. McGraw-Hill; New York, 2001. cap. 15.
- [21] MESQUITA, M.S.; ARAÚJO LIMA, F.M.; Rev. Tecnol., Vol.27, p.163-170, 2006.
- [22] QUADROS, Marina Eller. Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos. 2008. 135 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental - Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008.
- [23] BASTO, José Edson. Requisitos para Garantia da Qualidade do Ar em Ambientes Climatizados: Enfoque em Ambientes Hospitalares. 2005. 110 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho - Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005.
- [24] ELECTROLUX. Condicionadores de Ar Split: manual de instruções. Curitiba, PR, 2007. 36p.
- [25] COSTA, A.C.B.; CLEMENTE, M.R.; COUTINHO, A.S.; SILVA, L.B. ; Rev. Ceset, Vol.1, p.3-10, 2004.
- [26] TROX do Brasil. Difusor hospitalar – Série ICLF: catálogo. São Paulo, SP, 2007. 6p.

[27] HITACHI Ar Condicionado do Brasil. Chiller Samurai - Linha Resfriadores de Líquido e Trocadores de Calor: catálogo. 2008. 16 p.

[28] QUADROS, M.E.; LISBOA, H.M.; OLIVEIRA, V.L.; SCHIRMER, W.N.; Eng. Sanit. Ambient., Vol. 14, n.03, p.431-438, 2009.