



AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO E DO NÍVEL DE CO₂ EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO COM CLIMATIZAÇÃO ARTIFICIAL NA CIDADE DE SÃO PAULO

Eliane H. Suzuki (1); Racine T. A. Prado (2)

(1) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: eliane.suzuki@poli.usp.br

(2) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: racine.prado@poli.usp.br

RESUMO

O conforto térmico e a qualidade do ar interior são fatores importantes a serem considerados tanto na fase de projeto quanto na operação dos edifícios. Este trabalho tem como objetivo avaliar as condições do ambiente térmico durante operação do sistema de condicionamento de ar por meio de medições em campo no período de verão. A pesquisa foi realizada em nove edifícios corporativos com climatização artificial na cidade de São Paulo, que foram selecionados conforme critérios pré-estabelecidos de sistema central com distribuição de ar por dutos. A estratégia de medição e o dimensionamento estatístico do número de amostras por edifício foram determinados de acordo com os resultados das primeiras medições. Coletaram-se os dados dos parâmetros ambientais com instrumentação correspondente em três pavimentos aleatórios de cada edifício. Posteriormente, compararam-se os dados com os níveis estipulados por normas técnicas nacionais e internacionais de conforto térmico e qualidade do ar interior, a fim de verificar a eficiência dos sistemas de distribuição de ar dos edifícios pesquisados no que diz respeito à remoção de poluentes, baseado na medição da concentração de dióxido de carbono, e ao provimento do conforto através da análise de variáveis como temperatura, umidade relativa e velocidade do ar. Os resultados mostraram que a maior parte da amostra se enquadrou nas categorias de ambientes térmicos estabelecidos pelas normas, devido a alguns dos níveis das variáveis analisadas extrapolarem as faixas de operação ideais.

Palavras-chave: conforto térmico, ar condicionado, qualidade do ar interior.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Climatização artificial em edifícios

O Brasil é um país com grande diversidade climática e possui basicamente três tipos de clima: equatorial, tropical e temperado. A maior parte do território do país está localizada nas zonas de latitude baixa (intertropical), onde prevalecem os climas quentes e úmidos. Na cidade de São Paulo, o clima, no entanto, é mais ameno e mesmo assim as temperaturas chegam a mais de 30°C no verão, havendo a necessidade de se ter um sistema mecânico de ventilação e resfriamento. A mancha urbana de São Paulo é, em média, 3°C mais quente do que o entorno e nos dias de muito calor, a diferença pode chegar a 12°C, devido às mudanças climáticas causadas pela urbanização, nas chamadas ilhas de calor. De acordo com Holmes e Hacker (2007), em simulação sobre o aquecimento global considerando um cenário de médio-altas emissões de gases do efeito estufa baseado nas informações do Reino Unido, a temperatura média global vai aumentar 3,3 K até o ano de 2080.

O sistema de ar condicionado surge desta necessidade de adaptar o meio às pessoas e tem como objetivo proporcionar bons níveis de conforto térmico e qualidade do ar interno através de um processo de tratamento de ar com controle da temperatura, umidade, filtragem e movimentação do ar. De acordo com Haghighe e Donnini (1999) em pesquisa realizada no Canadá, há uma relação positiva entre satisfação com o trabalho e satisfação com a qualidade do ar, ventilação, temperatura e avaliação quanto ao ambiente de trabalho em escritórios com ventilação mecânica.

1.2 Sistemas de ar condicionado

Pode-se considerar que há, basicamente, dois tipos de sistema para o tratamento higrotérmico do ar: o sistema de expansão direta e o sistema de expansão indireta.

O sistema de expansão direta é indicado para construções de menores áreas, como pequenos escritórios, lojas de shopping e residências. Os tipos mais comuns são os *split-systems*, o VRF, o *self-contained* com condensação à água ou ar e os aparelhos de janela. É assim chamado, pois a serpentina resfria diretamente o ar que é distribuído ao ambiente. O *split-system*, hoje muito utilizado devido à sua facilidade de instalação, normalmente não possui sistema de renovação de ar necessária à eliminação ou diluição dos poluentes internos. O sistema VRF (*variable refrigerant fluid* - volume de refrigerante variável), que possui compressores *inverter* para operar com carga parcial, representa uma tecnologia mais recente que antes era usada em ambientes de área reduzida e ultimamente está sendo implantada em edifícios de escritório de grande porte.

O sistema de expansão indireta, por outro lado, como o próprio nome diz, possui um refrigerante primário que troca calor com o refrigerante secundário (fluído intermediário entre a fonte de refrigeração e o ar de suprimento). O tipo mais utilizado é o sistema de água gelada, com *chillers* de grande capacidade de resfriamento e ideal para grandes edifícios comerciais ou de uso industrial. Este tipo de sistema possui 3 circuitos: (1) o circuito de ar, onde o ar é resfriado pelo *fan coil* e insuflado no ambiente, (2) o circuito do *chiller*, onde se produz a água gelada e (3) o circuito da torre de resfriamento, que dissipava o calor da água de condensação do *chiller* para o ar externo. O *fan coil* pode ser dotado de válvulas ou não, caracterizado o tipo de saída de ar, que influencia no conforto térmico do ambiente.

Se o *fan coil* for do tipo VAC (Volume de Ar Constante), o ventilador opera em dois modos: *off* (à noite ou nos fins de semana) ou *on*, na qual é estabelecida uma velocidade constante. Com o funcionamento contínuo do ventilador, a temperatura do ambiente é mantida regulando-se o fluxo da água gelada das serpentinas abrindo ou fechando a válvula de controle. O *fan coil* VAV (Volume de Ar Variável) opera de forma que o ventilador seja controlado por um motor que varia a velocidade com o ajuste de voltagem. Assim, se a velocidade do ventilador é reduzida, a energia demandada pelo ventilador é menor, garantindo uma redução no consumo de energia.

1.3 Conforto térmico

“Conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico” (ASHRAE 55, 2004).

Como a definição de conforto, em geral, varia muito, pois abrange tanto a percepção individual no ambiente (quente/frio, úmido/seco, ruidoso/silencioso, claro/escuro) como a intensidade desta sensação (por exemplo, muito quente ou muito frio), de acordo com Rohles et al. apud ASHRAE (2009), a aceitabilidade pode representar um conceito mais útil de avaliar a resposta do usuário, pois permite uma progressão em direção a um objetivo concreto. A aceitabilidade implicou na criação de normas sobre conforto térmico, que estabelecem intervalos da faixa de conforto considerando as variáveis que influenciam a satisfação térmica dos usuários de um ambiente. A maior referência em conforto térmico até os dias de hoje é P. Ole Fanger, cuja pesquisa na década de 1960 contribuiu significativamente para os avanços científicos no assunto e serviu como base para as normalizações internacionais existentes.

1.3.1 Método Fanger

De acordo com Fanger (1972), as variáveis mais importantes que influenciam a condição de conforto térmico são: temperatura do ar, pressão de vapor de água no ar ambiente, velocidade relativa do ar e temperatura radiante média – caracterizando as variáveis ambientais – e também nível de atividade (metabolismo) e resistência térmica da roupa, que são as variáveis pessoais. O conforto térmico pode ser obtido por diferentes combinações destas variáveis, sendo quase impossível considerar o efeito de qualquer um dos fatores físicos independentemente. A partir destas informações e também através de experimentos com estudantes em câmara climatizada, pôde-se inferir que a temperatura média da pele e a secreção de suor em um dado nível de atividade, combinados com o balanço de calor do corpo humano, formam a base para a equação geral de conforto, assumindo que o corpo está no estado de equilíbrio térmico com acumulação de energia desprezível.

A sensação térmica individual apresenta aspectos subjetivos que são quantificáveis e está relacionada ao balanço térmico do corpo como um todo (KOSONEN; TAN, 2004). Sendo assim é possível avaliar, através de dados de temperatura e de outros parâmetros que influenciam nas trocas de calor, as situações em que a maioria das pessoas ocupando um mesmo ambiente está em conforto ou desconforto térmico.

1.4 Qualidade do ar interior

Os sistemas de ar condicionado, além de prover o conforto térmico dos usuários, devem também garantir que a composição do ar mantenha-se em níveis aceitáveis para a permanência prolongada de pessoas no interior de edificações. A insuficiência na renovação do ar pode causar mal-estar nos usuários dos edifícios, caracterizado por alguns sintomas transitórios que afetam parte dos ocupantes somente durante o período de permanência no edifício, devido à presença de agentes químicos, físicos e biológicos no ar interno. A OMS (1999) definiu este problema como o excesso de irritações na pele e nas mucosas e outros sintomas reportados por trabalhadores de edifícios de escritório, apresentando o conjunto dos seguintes sintomas: dor de cabeça, fadiga, letargia, prurido e ardor nos olhos, irritação de nariz e garganta, anormalidades na pele e falta de concentração, acometendo pelo menos 20% dos trabalhadores.

1.4.1 Utilização do CO₂ como parâmetro de qualidade do ar interior

O dióxido de carbono também está presente no ambiente interno, resultado do processo respiratório das pessoas e das máquinas em que ocorre combustão, quando se aplica. Em níveis altos, pode causar sonolência e até asfixia. Embora não seja tão prejudicial quanto os outros gases, é comumente utilizado como um indicador da qualidade do ar e eficiência de ventilação; em salas ocupadas o nível de CO₂ aumenta se a taxa de renovação de ar por pessoa for menor do que a recomendada por normas. É considerado um bom indicador para a tomada de ar externo. A concentração deste gás representa os demais biofluientes emitidos pelos ocupantes do recinto.

A Resolução nº 9 da ANVISA (2003) estabelece que a concentração máxima permitida de dióxido de carbono no ambiente seja de 1000 ppm (partes por milhão), isto é, 0,1% da composição do ar. O ar externo possuía, em 2008, uma concentração média aproximada de 383 ppm de CO₂.

Neste trabalho, portanto, foi utilizado o dióxido de carbono como representativo dos outros gases, pois se torna complexa a análise de todos os gases presentes no ar.

2 OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é verificar se os edifícios contemporâneos de escritório, em São Paulo, com climatização artificial atendem aos requisitos de conforto térmico e de qualidade do ar (em porcentagem de CO₂) de acordo com os padrões tecnológicos atuais das normas técnicas, através da realização de medições em campo para a coleta de dados referentes aos parâmetros de conforto (temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura radiante média) e de qualidade do ar interno (apenas no que se refere à concentração de dióxido de carbono).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Composição da amostra

Para esta etapa, foram consultados profissionais ligados a instalação e projeto de sistemas de ar condicionado para determinação do critério de composição da amostra, através de contatos telefônicos e correio eletrônico. Os profissionais responderam espontaneamente a algumas perguntas sobre predominância de Volume de ar variável (VAV) ou Volume de ar constante (VAC) nos *fan coils* dos edifícios comerciais atuais.

Como não houve consenso entre o tipo de sistema de condicionamento de ar predominante na cidade de São Paulo, procurou-se diversificar a amostra com basicamente três tipos de sistemas: expansão direta com *self-contained*; expansão indireta com *chillers* e *fan coils* VAV e VAC; e o sistema VRF com compressores *inverter*. As amostras com expansão indireta, o tipo de sistema de ar condicionado mais encontrado nos edifícios corporativos de São Paulo, representavam a maior parte, sendo que 33% possuíam *fan coil* VAC e 66%, *fan coil* VAV. Desta forma, optou-se pela seleção de edifícios de escritório de médio ou grande porte, com foco em sistema de ar condicionado dotado dos três tipos citados. Os edifícios foram selecionados também de acordo com a facilidade de contatos, porte dos edifícios e áreas de pavimento de 1000 a 3000 m².

A amostragem final foi, então, constituída de nove edifícios da cidade de São Paulo, com elevada tecnologia e representativos das correntes arquitetônicas contemporâneas, que se localizam nas regiões do vetor sudoeste, termo utilizado para designar a atual tendência da centralidade da cidade de São Paulo. Os edifícios foram designados por letras (A, B, C, D, E, F, G, H e I).

3.2 Instrumentação

Para obtenção dos dados para qualidade do ar, foi utilizado um medidor de concentração de CO₂, principal parâmetro para determinação da qualidade do ar. O monitor de CO₂ é da marca TSI, que indica no *display* a concentração do dióxido de carbono em partes por milhão (ppm) e a pressão barométrica em hPa.

Para a avaliação do conforto térmico, por sua vez, foi utilizado o confortímetro da marca DeltaOhm, modelo HD 32.1, de análise microclimática, que é constituído de um tripé, hastes de apoio para sondas, cabos e sondas para medição dos parâmetros ambientais e de desconforto local, providos de sensores de temperatura, umidade, velocidade do ar e termômetro de globo.

3.3 Investigação de campo

Uma vez adquiridos os equipamentos e escolhidos os edifícios, partiu-se para o trabalho em campo.

A instrumentação no local foi instalada após verificação do sistema de ar condicionado e dos problemas apontados pelos gerentes de facilidades. As atividades e vestimentas foram definidas através de observação da rotina dos usuários dos edifícios. A ISO 7730 (2005) atribui um valor de 1,2 met (aproximadamente 70 W/m²) para atividades de escritório. Quanto à vestimenta, como a maioria da medição foi feita durante o verão, foi utilizado um valor de 0,57 clo para o conjunto calça e camisa de manga curta e 0,61 clo para calça e camisa de manga comprida (ASHRAE 55, 2004).

A ISO 7726 (1998), norma para medição de quantidades físicas em ambientes térmicos, estabelece que em ambientes térmicos homogêneos deve ser feita a medição em apenas uma altura, no nível do abdômen (a 0,6 m para pessoas sentadas e 1,1 m para pessoas em pé). Já em ambientes não homogêneos, a velocidade do ar e temperatura devem ser medidos em três patamares (níveis dos

tornozelos, abdômen e cabeça): para pessoas sentadas, 0,1 m, 0,6 m e 1,1 m respectivamente, enquanto que para pessoas em pé, as alturas devem ser 0,1 m, 1,1 m e 1,7 m respectivamente. A norma brasileira ABNT NBR 16401 estabelece os mesmos critérios de medição.

Para todos os edifícios foi estipulada a mesma altura dos sensores para coleta dos dados referentes aos parâmetros ambientais, de 1,1 m. Apesar de a maioria das pessoas ficarem na posição sentada nos escritórios, foi utilizada a altura de 1,1 m devido à dificuldade em se medir na altura de 0,6 m, pois as pessoas poderiam tropeçar no equipamento e causar acidentes, além de ser altura da linha de respiração.

O tempo de medição em cada ponto e a quantidade de pontos foram determinados a partir de uma medição piloto. Após obter os resultados das primeiras medições, foram consideradas as cinco variáveis principais para a avaliação do conforto térmico e qualidade do ar.

Com estes dados, foi possível calcular, em um primeiro momento, o número de registros para cada ponto, a fim de gerar uma confiança de pelo menos 95% dos dados a serem obtidos. Para cada variável, foi feito o cálculo de dimensionamento de amostra e aquela que apresentasse maior número deveria ser a considerada.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Classificação nas normas

Todas as variáveis até o momento coletadas foram analisadas e classificadas conforme as normas brasileiras ABNT NBR 16401 de ar condicionado e a Resolução nº 9 da ANVISA sobre qualidade do ar interior em ambientes climatizados, e a norma internacional de conforto térmico ISO 7730, por meio de planilhas em Excel.

Os 7750 registros de 9 edifícios foram reunidos em uma única planilha, e classificados conforme as normas citadas, definindo a porcentagem de registros que se enquadram nos níveis estipulados em cada uma delas.

A norma ABNT NBR 16401 (2008) estabelece parâmetros de conforto térmico que satisfazem 80% ou mais de pessoas em atividade sedentária ou leve (de 1 a 1,2 met), usando vestimenta típica da estação. Para o verão, a temperatura operativa e a umidade relativa devem estar dentro da zona delimitada por 22,5°C a 25,5°C e umidade relativa de 65%; e 23,0°C a 26°C e umidade relativa de 35%. Além disso, a velocidade do ar deve ser de até 0,2 m/s para distribuição de ar convencional e 0,25 m/s para distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento. As amostras desta pesquisa apresentaram apenas sistema de condicionamento de ar com distribuição de ar convencional, com insuflamento pelo teto, e por isso, foi utilizado o valor limite de 0,2 m/s para todos os casos.

De acordo com a Figura 1, observa-se que seguindo os critérios da norma ABNT NBR 16401, 74% dos registros de amostras analisadas segue as recomendações da norma, enquanto 26% não segue.

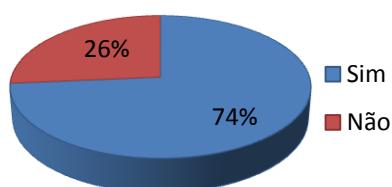


Figura 1 – Classificação conforme os parâmetros da ABNT NBR 16401

A Resolução nº9 da ANVISA recomenda que os valores de temperatura, umidade, velocidade do ar, taxa de renovação e grau de pureza do ar devem estar de acordo com a NBR 16401, mas estabelece faixa recomendável de operação de temperatura de bulbo seco no verão de 23°C a 26°C e umidade relativa de 40% a 65% em ambientes internos. A velocidade do ar a 1,5 m do piso deve ser de até 0,25 m/s.

A Figura 2 demonstra a conformidade das variáveis com a Resolução nº9 da ANVISA. Foram feitos dois gráficos para esta norma para fins de comparação de critérios com a ABNT NBR 16401. Enquanto a Resolução nº9 da ANVISA considera uma faixa de operação fixa de umidade relativa e temperatura do ar, a ABNT NBR 16401 considera uma faixa de temperatura operativa que depende da umidade. Da Figura 2(a) para a Figura 2(b), considerou-se adicionalmente a concentração de dióxido de carbono, aumentando de 36% para 49% a porcentagem de amostras que apresentaram níveis fora da zona de conforto.



Figura 2 – Classificação conforme a Resolução nº9 da ANVISA (a) desconsiderando o dióxido de carbono e (b) considerando o dióxido de carbono.

E por último, a ISO 7730 (2005) estabelece uma série de parâmetros para avaliação de ambientes térmicos, utilizando os índices PMV (*Predicted Mean Vote*) e PPD (*Predicted percentage of dissatisfied*) para prever o estado térmico do corpo como um todo; e os índices DR (*draugh rate*) para velocidade do ar e PD (*Percentage of dissatisfied*), que são as porcentagens de insatisfeitos devido ao desconforto local. A ISO 7730 estabelece as categorias do ambiente térmico A, B e C de acordo com os índices citados, sendo que a categoria A é mais rigorosa, a B é menos rigorosa que a A, e a C menos rigorosa que a B. Para atender a norma, o ambiente térmico deve se enquadrar em uma das categorias, sendo que todos os critérios devem ser satisfeitos simultaneamente para cada categoria.

Como esses índices são derivados das variáveis de conforto térmico citadas anteriormente (temperatura do ar, velocidade do ar, metabolismo, vestimenta, entre outros), a própria norma disponibiliza uma tabela de critérios ideais de projeto para diferentes tipos de uso do ambiente, baseada nos índices PMV e PPD, para temperatura operativa e velocidade do ar para verão e inverno.

A temperatura operativa, segundo a ASHRAE 55 (2004), é a media entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média, ponderada pelos respectivos coeficientes de transferência de calor. De um modo geral, como a velocidade do ar interfere nas trocas de calor por convecção, quanto maior a velocidade do ar, maior o peso da temperatura do ar no cálculo da temperatura operativa:

$$t_{op} = A t_a + (1 - a) t_r$$

Onde:

t_{op} = temperatura operativa;

t_a = temperatura do ar;

t_r = temperatura radiante média;

A = valor que varia em função da velocidade relativa do ar, v_r , como pode ser encontrado na tabela a seguir:

Tabela 1 – Valores de A em função da velocidade do ar para cálculo da temperatura operativa (fonte: ASHRAE 55, 2004)

v_r	$< 0,2 \text{ m/s} (< 40 \text{ fpm})$	$0,2 \text{ a } 0,6 \text{ m/s} (40 \text{ a } 120 \text{ fpm})$	$0,6 \text{ a } 1,0 \text{ m/s} (120 \text{ a } 200 \text{ fpm})$
A	0,5	0,6	0,7

Por exemplo, para escritório aberto, no verão, o intervalo de temperatura operativa e a velocidade máxima do ar dependem também das categorias A, B e C conforme nível de exigência de projeto, como pode ser observado na Tabela 2:

Tabela 2 – Critérios de projeto para edifícios de escritório (fonte: ISO 7730, 2005)

Categoría	Temperatura operativa ($^{\circ}\text{C}$)	Máxima velocidadade do ar (m/s)
A	$24,5 \pm 1,0$	0,12
B	$24,5 \pm 1,5$	0,19
C	$24,5 \pm 2,5$	0,24

Os intervalos estipulados pela Tabela 2 se aplicam para níveis de atividade típicos de escritório e para vestimenta de 0,5 clo no verão e 1,0 clo no inverno. O critério para velocidade do ar é valido para uma intensidade de turbulência de aproximadamente 40%.

A fim de facilitar a análise dos dados e respeitando a fase da pesquisa no momento em que ela se encontra, foram considerados os dados de temperatura operativa obtidos a partir de coleta dos dados, e os valores brutos de velocidade do ar.

As Figuras 3(a) e 3(b) mostram as classificações de edifícios de escritório conforme a ISO 7730. Para avaliação dos critérios desta norma também foram feitos dois gráficos, pois se achou interessante dividir as categorias B e C entre frio e quente, para determinar se os registros de temperatura operativa estavam abaixo ou acima da temperatura de conforto, que é o caso da Figura 3(a). Como deveria ser considerada também a velocidade do ar para cada categoria, sem distinção de temperatura, a condição desta variável foi incluída na Figura 3 (b), somando-se as porcentagens de “B frio” e “B quente” em “B” somente e “C frio” e “C quente” em “C”. Em ambos os gráficos da Figura 3, o “X” corresponde à porcentagem da amostra que apresentou valores das variáveis acima ou abaixo dos níveis recomendados pela categoria C de ambientes térmicos.

Portanto, na Figura 3(a), ao considerar somente a temperatura operativa, 60% das amostras se enquadram na categoria A, 10% na B, 18% na C e 12% em nenhuma categoria. Na figura 3(b), considerando agora a temperatura operativa e a velocidade do ar, diminui a porcentagem das amostras na categoria A, aumento para 15% na B e 14% para nenhuma categoria.

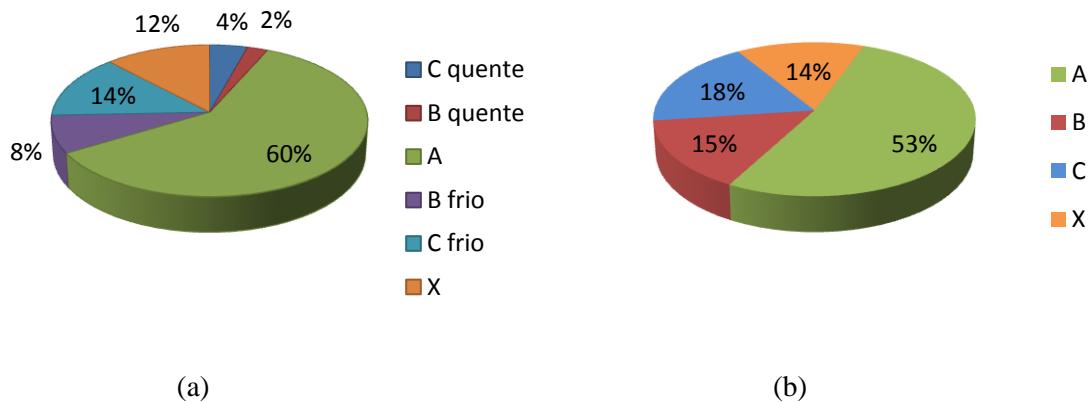


Figura 3 – Classificação conforme os parâmetros da ISO 7730 (a) considerando apenas temperatura operativa e (b) considerando adicionalmente a velocidade do ar

Pode-se sugerir que cada norma possui uma combinação própria de critérios que a torna mais ou menos rígida. A ABNT NBR 16401 considera em conforto térmico 74% da amostra, enquanto que a Resolução nº9 da ANVISA (sem a inclusão da variável CO₂) 62% e a ISO 7730, praticamente 86%, pois ao dividir os ambientes térmicos em categorias, desclassifica menor porcentagem de amostras.

Desta forma, pode-se concluir que a maioria dos edifícios analisados da amostra apresenta níveis aceitáveis de conforto térmico e qualidade do ar. Porém, como a análise foi feita em toda a amostra, e não nas amostras por edifício, as porcentagens consideradas nos gráficos não devem ser consideradas como porcentagem de edifícios.

5 REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 16401: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários.** Rio de Janeiro, 2008. 91 p.

ANSI/ASHRAE. American National Standards Institute. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Thermal Environmental Conditions of Human Occupancy.** – Standard 55. Atlanta: ASHRAE, 2004. 28 p.

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Handbook of Fundamentals.** Atlanta: ASHRAE, 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução nº 9 de 16 de janeiro de 2003. **Dispõe sobre os Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo, e dá outras providências.** Disponível em: <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php>. Acesso em 20 fev. 2009.

FANGER, O. **Thermal comfort – Analysis and application in environmental engineering.** Copenhagen: McGraw-Hill, 1972. 244 p.

HAGHIGHAT, F.; DONNINI, G. **Impact of psycho-social factors on perception of the indoor air environment studies in 12 office buildings.** *Building and Environment*, nº 34, 1999, p. 479-503.

HOLMES, M. J.; HACKER, J. N. **Climate change, thermal comfort and energy: Meeting the design challenges of the 21st century.** *Energy and Buildings*, n° 39, 2007, p. 802-814.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730: Ergonomics of thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.** Geneva, 2005. 56 p.

_____. **ISO 7726: Ergonomics of thermal environment – Instruments for measuring physical quantities.** Suíça, 1998. 66 p.

KOSONEN, R.; TAN, F. **Assessment of productivity loss in air-conditioned building using pmv index.** *Energy and Buildings*, n° 36, 2004, p. 987-993.

OLESEN, B. W.; PARSONS, K. C. **Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730.** *Energy and Buildings*, n° 34, 2002, p. 537-548.

OMS (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE). Critérios de Qualidade do Ar. Genebra, Suíça, 1999.

TOFTUM, J. **Human response to combined indoor environment exposures.** *Energy and buildings*, n° 34, 2002, p.601-606.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a FAPESP e CNPq.