



## REVISÃO DA ÚLTIMA VERSÃO DA NORMA ISO 7730 (2005):

Síntese Bibliográfica dos Trabalhos mais Relevantes.

**Eder R. Voltani (1); Lucila C. Labaki (2)**

- (1) Mestrando da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP – Campinas – SP; e-mail: edervoltani@gmail.com
- (2) Prof<sup>a</sup>. Da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP – Campinas – SP; e-mail: lucila@fec.unicamp.br

### RESUMO

A norma ISO 7730 foi criada em 1984 e levou o título de Ambientes Termicamente Moderados – determinação dos índices PMV/PPD e especificações das condições térmicas, cujo método de Fanger (1970) foi adotado como base para elaboração. Desde então, tem sido revisada a cada 10 anos, incorporando os últimos avanços das técnicas ou entendimento sobre o conforto térmico. A primeira atualização ocorreu em 1994 e a última versão foi apresentada em 2005. Para isso, diversos trabalhos foram analisados para adicionar e complementar as informações contidas nessa norma. Dessa forma, o presente artigo tem por objetivo apresentar informações que contribuem para o entendimento da última versão. Como metodologia, são apresentados sínteses dos trabalhos mais relevantes que contribuíram para essas alterações, tais como: os trabalhos de Brager, de Dear, Jones, Fanger, Berglund, McNall, Tanabe, Rohles e outros. Após a apresentação dos trabalhos, são apresentadas as alterações ocorridas na última versão da norma em questão, tais como: método para a avaliação a longo prazo; desconforto térmico local; condições do estado não-estacionário; adaptação; umidade e informações sobre diferentes categorias do conforto térmico. Dessa maneira, deseja-se contribuir com o entendimento da última versão da norma.

Palavras-chave: conforto térmico, ISO 7730 (2005), revisão da norma.

### BSTRACT

The ISO 7730 standard was established in 1984 and the title was Moderate thermal environments – Determination of the PMV/PPD indices and specification of thermal conditions for thermal comfort, the method of Fanger (1970) was adopted as the basis. Since then, it has been reviewed every 10 years, incorporating the latest techniques or understanding of thermal comfort. The first update was in 1994 and the latest version was released in 2005. Therefore, many studies were analyzed to add and supplement information contained in this standard. The aim of this work is to collect information that contributes to understanding of the latest version. As methodology, are presented a summary the most relevant work that contributed to this new information, such as the work of Brager, de Dear, Jones, Fanger, Berglund, McNall, Tanabe, Rohles and others. After that, are presented of changes, such as method for long term evaluation of the general thermal conditions, local thermal discomfort; non-E steady-state thermal environments; adaptation, humidity and information about different categories of environment and types of space. Thus, want is contributing to the understanding of the latest version of the standard.

Keywords: Thermal Comfort, ISO 7730 (2005), review of standard.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 A norma ISO 7730

As pesquisas sobre o conforto térmico apresentaram um avanço significativo no período compreendido entre 1966 e 1967 com os estudos de Ole Fanger, que estabeleceu o método do *Predicted Mean Vote* – PMV (Voto Médio Estimado – VME) e *Predicted Percentage of Dissatisfied* – PPD (Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI), que relacionou o calor perdido pela pele em função da área superficial do corpo, calor interno produzido e temperatura média da pele.

Entre os fatores que atuam sobre as trocas térmicas, encontram-se a taxa de metabolismo e isolamento térmico das vestimentas – fatores pessoais – e a temperatura do ar, temperatura radiante, a velocidade do ar e a umidade relativa – fatores ambientais.

Este método foi adotado pela norma ISO 7730 em 1984. Desde então, tem sido revisada a cada 10 anos, incorporando os últimos avanços das técnicas ou entendimento sobre o conforto térmico. A última versão foi apresentada em 2005. Para isso, diversos trabalhos foram analisados para adicionar e complementar as informações contidas nesta norma.

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar uma revisão de alguns trabalhos referenciados e as informações alteradas na última versão da ISO 7730 (2005) para contribuir no entendimento da última versão da norma em questão.

## 3 METODOLOGIA

Toda década a norma ISO 7730 é atualizada, incorporando alguns avanços das técnicas ou entendimento sobre o conforto térmico. A maioria dos trabalhos, referenciados na última versão desta norma, foram realizados em câmaras controladas com o objetivo de encontrar a sensação térmica para pessoas expostas a diferentes combinações das variáveis ambientais.

Portanto, serão apresentadas sínteses dos trabalhos mais relevantes que contribuíram para essas alterações, tais como: Berglund e Gonzalez (1978) que trataram sobre assunto: - Aceitabilidade térmica para períodos de oito horas de exposição com rampas de temperatura nas condições de verão com baixa e alta umidade; Berglund (1979): Aceitabilidade térmica; Berglund e Fobelets (1987): Respostas subjetivas das pessoas expostas a ambientes com suaves correntes de ar e radiação assimétrica; Berglund (1998): Conforto e umidade; Brager e de Dear (2000): Os padrões para ventilação natural; de Dear e Brager (1998): Desenvolvimento do modelo adaptativo do conforto e preferência térmica; Fanger et al. (1974): O efeito do conforto nos homens em condições de fluxo uniforme de ventilações oriundas de diversas direções; Fanger et al. (1980): Os limites do conforto nas condições com teto aquecido; Fanger e Christensen (1986): Percepção do *draught* em ambientes ventilados; Fountain et al. (1994) Velocidade do ar controlada para ambientes isotermicamente quentes: Jones, Hsieh e Hashinaga (1986): O efeito da velocidade do ar no conforto térmico para condições de atividades moderadas; McIntyre (1978): Preferência da velocidade do ar para condições de altas temperaturas; McNall e Biddison (1970): Conforto e sensação térmica em pessoas com atividades sedentárias expostas a radiação assimétrica; Rohles et al. (1980): Conforto térmico durante ciclos de flutuação da temperatura; Rohles, Konz e Jones (1983): Ventiladores de teto para estender os limites do conforto térmico de verão; Scheatzle, Wu e Yellott (1989): Estendendo o conforto de verão com ventiladores de teto em clima árido; Tanabe e Kimura (1994): Efeito da temperatura do ar, umidade e velocidade do ar no conforto térmico para ambientes quentes e úmidos;

#### 4 SÍNTES DE ALGUNS TRABALHOS REFERENCIADOS NA ÚLTIMA VERSÃO DA ISO 7730 (2005)

Algumas pesquisas utilizadas como referências nesta norma são descritas sinteticamente a seguir:

Os procedimentos comumente utilizados nestes trabalhos foram: 1) recepção das pessoas, verificação da saúde e orientação sobre as escalas de preferência e sensação térmica; 2) as pessoas entram nas câmaras e permanecem certo tempo expostas às condições de neutralidade térmica; 3) aplicação dos questionários sobre sensação e preferência térmica; 4) o experimento é finalizado ou são alteradas as condições ambientais para novos períodos de exposição.

Como estratégia, em alguns trabalhos os pesquisadores escolheram algumas variáveis pessoais e ambientais, enquanto as pessoas podiam indicar a alteração de uma variável ambiental, para encontrar o conforto térmico, tais como: temperatura ou velocidade do ar. Em outros trabalhos os pesquisadores escolheram todos os parâmetros.

Berglund e Gonzalez (1978) realizaram um trabalho cujo objetivo foi encontrar a aceitabilidade das pessoas expostas a períodos de oito horas em ambientes com rampas de temperaturas de verão e com baixa e alta umidade. Os autores concluíram que para as alterações de 0,6 °C por hora entre 23 °C e 27 °C a aceitação térmica foi acima dos 80%.

Seguindo as questões sobre as rampas de temperatura Rohles et al. (1980) realizou um trabalho que o objetivo foi determinar os efeitos do ciclo de temperatura flutuante no conforto térmico. Neste trabalho foi relatado que em geral existem 3 tipos de condições de não-estacionário que pode ser identificados. O primeiro envolve as condições discretas tais como experiências de sair de casa e andar de carro e ir ao mercado. O segundo tipo de flutuação de temperatura é conhecido como rampas ou *drifts*, caracterizado por lenta diminuição da temperatura. O terceiro é a condição de flutuação da temperatura onde os fatores são atribuídos a tolerância termostática, refrigeração e a eficiência térmica da estrutura. Para concluir foram especificados os limites de variação de temperatura para os ciclos de flutuação, cujo ambiente pode ser considerado aceitável se a taxa de alteração da temperatura não ultrapassar 3,3 °C por hora e a amplitude do ponto-a-ponto for igual ou menor do que 3,3 °C ou  $\pm 1,6$  °C.

Com objetivo de comparar alguns os métodos para quantificar a aceitabilidade dos ambientes Berglund (1979) apresentou os métodos de Fanger (1972 apud BERGLUND, 1979), Rohles (1974 apud BERGLUND, 1979) e Gagge (1976 apud BERGLUND, 1979), pois para o autor o mais importante é quanto uma alteração no ambiente poderá afetar a aceitabilidade ou a porcentagem de pessoas insatisfeitas termicamente. Por meio da comparação Berglund relatou que os métodos de Fanger e Rohles são semelhantes, mas possuem pequenas diferenças próximas à temperatura de neutralidade e para o método de Gagge a porcentagem de conforto do indicou semelhança com o PPD, contudo, é diferente na região de pouco frio.

Berglund e Fobelets (1987) agora com o objetivo de quantificar separadamente os efeitos causados pelo *draught* e assimetria da radiação, aplicada em pessoas com atividades sedentárias em clima neutro e pouco frio concluíram que em certas condições a temperatura operativa indicou superestimar a radiação e subestimar a convecção.

Em 1998 Berglund realizou um trabalho sobre umidade e a conclusão foi que para pessoas em atividade sedentária a alteração de 30% da umidade afeta o balanço térmico e a sensação térmica como se fosse uma diferença de 1°C.

de Dear e Brager (1998) fizeram uma revisão da literatura sobre a adaptação em ambientes construídos, elaborando diferentes mecanismos de adaptação, ligando o modelo estatístico com o adaptativo. Para de Dear e Brager (1998) o método adaptativo complementa a parte que contradiz o modelo estatístico do balanço térmico. Para tentar comprovar este complemento eles analisaram os resultados da ASHRAE RP-884 com os seguintes objetivos: 1) elaborar e definir um processo para o modelo adaptativo no contexto de percepção climática. 2) examinar a semântica da sensação térmica, aceitabilidade e escalas de preferências dentro do contexto de um modelo adaptável de conforto térmico. 3) desenvolver o modelo estatístico do conforto térmico embasado nos vários processos da adaptação, incluindo os ajustes de aclimatização e habitação. 4) comparar o modelo adaptativo com as

predições do modelo estatístico através da base de dados. 5) Propor um padrão variável da temperatura que, com o tempo, possa eventualmente suplementar e/ou modificar o padrão da ASHRAE 55. A conclusão de Dear e Brager foi que o modelo estatístico do equilíbrio térmico é parcialmente adaptativo e o modelo adaptativo complementa a contabilização dos fatores contextuais e experiências térmicas que alteram as expectativas e preferências das pessoas do edifício.

Além da revisão Brager e de Dear (2000) também realizaram um trabalho sobre a ventilação natural. A metodologia utilizada foi a mesma do trabalho de Dear e Brager (1998) e analisaram a adaptação comportamental. Para isso, examinaram quantas vezes a vestimenta, taxa metabólica e a velocidade do ar foi alterada. Como conclusão os autores relataram que os estudos sobre conforto térmico foram desenvolvidos para criar ambientes artificiais controlando as condições ambientais, assim não é de surpreender que o modelo PMV prediz com exatidão os limites das preferências das pessoas em ambientes com ar condicionado. A abordagem do modelo adaptativo é essencial para contabilizar os fatores contextuais e experiências que modificam as expectativas das pessoas em ambientes naturalmente ventilados.

Fanger et al. (1974) realizou um trabalho sobre ventilação uniforme oriunda de diferentes direções onde o objetivo foi investigar se o homem pode se sentir confortável quando exposta a ela. Fanger concluiu que não é difícil encontrar o conforto térmico para velocidade do ar uniforme oriundas de diversas direções.

Fanger et al.(1980) criaram a situação de desconforto pela radiação proveniente do teto nas condições de neutralidade térmica. A temperatura do teto foi alterada cinco vezes durante o teste, mas a temperatura operante ficou sempre com uma diferença constante. Como conclusão foi estabelecida uma curva que demonstra a porcentagem de pessoas que sentirão desconfortáveis devido à radiação.

Fanger e Christensen (1986), realizaram um trabalho sobre a percepção do efeito do *draught* nos espaços ventilados. O objetivo deste trabalho foi estabelecer uma base científica para predizer a resposta humana para o efeito *draught* devido as correntes de ar e também estabelecer porcentagem de pessoas que estão desconfortáveis devido o *draught*. Para isso, as pessoas ficaram expostas a três temperaturas do ar e seis níveis de velocidade média do ar. Paralelamente a aplicação do questionário sobre em qual parte do corpo foi sentido o vento. Por meio deste trabalho foi possível identificar o percentual de insatisfeito devido o *draught* e que as pessoas são mais sensíveis a ele do que o fluxo laminar.

Fountain et al. (1994) realizou um trabalho com objetivo de caracterizar o conforto térmico por meio de respostas das pessoas com controle do fluxo de ar, através do uso do ventilador de mesa, expostas à diversas temperaturas do ar. Cada pessoa ficou exposta a uma temperatura e diversas velocidades do ar oriundas dos ventiladores e difusores do piso e da mesa. Como conclusão Fountain propôs o modelo de porcentagem de pessoas satisfeitas, para ambientes com temperaturas acima de 26 °C, e relatou que o modelo utilizado não é adequado.

Jones, Hsieh e Hashinaga (1986) realizaram o trabalho sobre o efeito da velocidade do ar no conforto térmico para atividades moderadas. O objetivo foi determinar se o conforto térmico, para atividades moderadas de (2,3 met), foi melhorado ou não com a movimentação do ar e também comparar os resultados do experimento com as respostas previstas no modelo de conforto térmico de Fanger (1970) e o modelo de resposta térmica de Azer (1977 apud JONES et al, 1986). As atividades desenvolvidas foram caminhar sobre uma escada de dois degraus, as pessoas, dois homens e duas mulheres, subiam e desciam as escadas uma vez a cada 15 segundos com período de descanso de cinco minutos a cada 30 minutos. O estudo indicou que o nível de conforto, para pessoas com atividade de 2,3 met, pode ser considerado melhor, se a ventilação for maior, do que com pouca ventilação.

McIntyre (1978) realizou o trabalho sobre a preferência da velocidade do ar em condições de altas temperaturas. O objetivo foi encontrar as combinações de conforto para altas temperaturas e velocidade do ar. Neste trabalho 11 pessoas foram autorizadas a regular velocidade do ar por meio do ventilador de teto. Através dos resultados, McIntyre concluiu que a velocidade do ar sobre as pessoas pode causar dois efeitos: a) aumenta o poder de refrigeração que é percebida diretamente por sua pressão. Este efeito geralmente é indesejado pelas pessoas com atividades sedentárias. Portanto, a escolha da velocidade do ar pode ser menor do que a recomendada para produzir a neutralidade

térmica, de modo que ela não pode ser prevista usando somente a equação de conforto elaborado por Fanger (1970); b) a percepção do movimento do ar aumenta o dobro do que a velocidade do ar. Portanto, a velocidade do ar recomendada, para temperaturas acima de 28°C, podem causar desconforto.

Conforme Rohles, konz e Jones (1983), com a popularização do uso dos ventiladores de teto, algumas questões foram levantadas, tais como: O ventilador de teto pode estender o limite de conforto para o verão? É válida a divulgação, dos fabricantes de ventilador, que ele pode proporcionar a mesma sensação de 24 °C nos 28 °C? O ventilador pode ser considerado como uma solução mais econômica? Como conclusão, os autores relataram que os dados obtidos neste trabalho validam a informação da norma ASHRAE 55 (1981) que apresentou como limite de conforto térmico para o verão as condições de 26 °CET com velocidade do ar por volta de 0,25 m/s e pode ser estendido para 28 °CET quando a velocidade do ar está por volta dos 0,8 m/s. Contudo, este trabalho também demonstrou que o limite superior pode ser estendido para 29 °C quando a velocidade do ar está por volta de 1 m/s. Com o uso do ventilador é possível economizar 18% do consumo de energia. Contudo, o ventilador produz a quantidade de vento numa área pequena.

Scheatzle, Wu e Yellott (1989) desenvolveram um trabalho com objetivo de determinar os limites inferiores e superiores (bulbo-seco e úmido) que produzem a sensação de conforto nas pessoas com o uso de ventiladores de teto e determinar quanto tempo o uso do ventilador pode diminuir o uso do sistema de refrigeração por evaporação. Para isso, utilizou a mesma metodologia do trabalho de Rohles, Konz e Jones (1983). O estudo mostrou que pode ser utilizado o ventilador por 34% do tempo em que a refrigeração foi solicitada para alcançar o conforto térmico.

McNall e Biddison (1970) desenvolveram um trabalho sobre radiação assimétrica. O estudo foi realizado em câmaras onde as variáveis ambientais foram totalmente controladas. Para isso, foram desenvolvidos testes separados para estudar o efeito da radiação assimétrica. Como conclusão, a sensação térmica das pessoas expostas a ambientes com radiação 2 °C mais fria do que as condições de neutralidade térmica produziram um mesmo plano de regressão, formado assim, uma zona termicamente neutra e de fácil aplicação.

Tanabe e Kimura (1994) desenvolveram um trabalho com o objetivo de rever e resumir os efeitos da temperatura, umidade e velocidade do ar no conforto térmico de ambientes quentes e úmidos, contudo, sempre com um ponto de vista para conservação de energia. Neste trabalho foram desenvolvidas diversas pesquisas, tais como: - Experimento subjetivo da temperatura do ar e umidade para condições de verão e inverno; - experimentos com ventilação, sendo com altas velocidades do ar, com flutuação da velocidade do ar. Para concluir Tanabe realçou que foi possível perceber diferenças na sensação térmica para alta taxa de umidade em comparação com o índice PMV. Isso é um indicio de que o índice PMV não é o mais adequado para avaliar o conforto térmico.

## 5 AS ALTERAÇÕES DA ISO 7730 (2005)

Na terceira edição dessa norma foi alterado o título e foram adicionados novos métodos, assim como maiores informações sobre o desconforto térmico local, condições do estado não-estacionário, indicação de categorias de conforto térmico, isolamento térmico da vestimenta, adaptação, umidade e velocidade do ar.

O novo título da norma é Ergonomia do ambiente térmico – Determinação analítica e interpretação do conforto térmico usando o cálculo dos índices PMV/PPD e critérios de conforto térmico local.

Foram adicionados novos métodos para avaliação do conforto a longo prazo para condições gerais. Estes métodos de avaliações são elaborados a partir do PPD (partindo da relação com o PMV) ou da temperatura operante que ultrapassam os limites especificados, enquanto os edifícios estão sendo ocupados. As avaliações são em função de um fator chamado  $wf$  que é influenciado pelo valor excedido dos limites especificados.

Foram adicionadas informações sobre o desconforto localizado, obtidas no trabalho de Berglund (1998), cujo indivíduo é mais sensível ao desconforto local quando está desenvolvendo atividades

sedentárias do que para atividades mais pesadas.

Sobre o assunto do desconforto localizado, foram adicionados equações e gráficos que demonstram a porcentagem de pessoas insatisfeitas (PD) devido à diferença de temperatura na vertical, piso quente ou frio e assimetria radiante. Como observado nos trabalhos de Fanger (1980) e Berglund (1987) a norma adicionou gráficos que demonstram o comportamento da porcentagem de PD oriundos do desconforto de paredes e janelas (quentes ou frias).

A norma adicionou informações sobre três tipos de condições do estado não-estacionário que podem ocorrer no ambiente térmico, conforme informações do trabalho de Rohles et al. (1980): a) ciclos de temperaturas; b) alterações (*ramps* ou *drifts*) na temperatura; c) transição,

Para ciclo de temperatura:

A nova informação sobre o ciclo de temperatura é que não haverá desconforto se a variação de ponto a ponto da temperatura for menor que 1°C.

Para *ramps* ou *drifts* da temperatura:

Conforme os trabalhos de Berglund e Gonzalez (1978) e Rohles et al. (1980) o ambiente é considerado como alteração da temperatura (*ramps* ou *drifts*) quando a variação da temperatura for maior que 2 °C por hora.

Para ambientes de transição:

O ambiente é considerado de transição quando há uma busca alteração na temperatura operativa e isso é percebido instantaneamente, ou quando após o aumento da temperatura operativa e a nova sensação térmica é experimentada imediatamente ou quando a temperatura operativa diminui e a sensação térmica diminui uma unidade de PMV.

Sobre a aceitabilidade do ambiente térmico a ISO 7730 (2005) adicionou:

- Tabelas com categorias de conforto térmico;

Para determinar e designar diferentes escalas de avaliação dos parâmetros são apresentadas três categorias de classificação dos espaços.

A Tabela 5.1 apresenta os exemplos de requerimento de conforto térmico para diferentes categorias de ambientes e espaços apresentada na ISO 7730 (2005).

**Tabela 5.1** – Categorias de conforto térmico. FONTE: ISO 7730, 2005.

Categoria	Estado térmico do corpo		Desconforto local			
	PPD %	PMV	DR%	PD %		
				Diferença de temperatura na vertical	Piso quente ou frio	Radiação assimétrica
A	<6	-0,2<PMV<+0,2	<10	<3	<10	<5
B	<10	-0,5<PMV<+0,5	<20	<5	<10	<5
C	<15	-0,7<PMV<+0,7	<30	<10	<15	<10

- Gráficos, para as categorias, que relacionam as temperaturas operativas em função dos parâmetros da resistência térmica da vestimenta com a taxa de metabolismo (Figura A.1 da ISO 7730, 2005).

- Gráficos, para as categorias, que relacionam a intensidade de turbulência em função da temperatura local com a velocidade do ar (Figura A.2 da ISO 7730, 2005).

- Tabelas com valores que causam desconforto térmico local para as três categorias;
- a) Tabela da diferença de temperatura na vertical entre 0,1 e 1,1 metro (Tabela A.2 da ISO 7730, 2005);
- b) Tabela com valores referenciais da temperatura do piso (Tabela A.3 da ISO 7730, 2005);
- c) Tabela com valor da diferença da temperatura radiante assimétrica (Tabela A.4 da ISO 7730, 2005).

- Adicionou critérios para identificar diferentes tipos de espaço;

Conforme Tabela 5.2 são apresentados os critérios para identificar diferentes tipos de espaço que são derivados de certas hipóteses de níveis de atividades e vestimenta de verão e inverno e com intensidade de turbulência de 40%. Os critérios são dados conforme as condições do espaço, mas também pode ser aplicado para outros espaços similares.

**Tabela 5.2** – Critérios para diferentes tipos de espaços. FONTE: ISO 7730, 2005.

Tipo construção/espaço	Atividade W/m <sup>2</sup>	Categoria	Temperatura Operativa °C		Máxima velocidade média <sup>1</sup> m/s	
			Verão	inverno	Verão	inverno
Escritório particular Sala de conferência Auditório Restaurante Salas de aula	70	A	24,5 ±1,0	22,0 ±1,0	0,12	0,10
		B	24,5 ±1,5	22,0 ±2,0	0,19	0,16
		C	24,5 ±2,5	22,0 ±3,0	0,24	0,21 <sup>2</sup>
		A	23,5 ±1,0	20,0 ±1,0	0,11	0,10 <sup>2</sup>
		B	23,5 ±2,0	22,0 ±2,5	0,18	0,15 <sup>2</sup>
Jardim da infância	81	C	23,5 ± 2,5	22,0 ±3,5	0,23	0,19 <sup>2</sup>
		A	23,0 ±1,0	19,0 ±1,5	0,16	0,13 <sup>2</sup>
		B	23,0 ±2,0	19,0 ±3,0	0,20	0,15 <sup>2</sup>
lojas	93	C	23,0 ±3,0	19,0 ±4,0	0,23	0,18 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Máxima velocidade média é baseada na intensidade de turbulência de 40% e a temperatura operativa de acordo com a Figura A.2, umidade relativa de 60% e 40% para verão e inverno, respectivamente. Para ambos o verão ou inverno a baixa temperatura na escala é usada para determinar a máxima velocidade média.

<sup>2</sup> abaixo de 20°C.

Sobre isolamento térmico da vestimenta a ISO 7730 (2005) adicionou o valor correspondente a mudança na temperatura operativa necessária para manutenção da sensação neutra quando as peças de roupas são adicionadas ou retiradas. Sobre o isolamento térmico da cadeira foi apresentado a Tabela 5.3 com valores referenciais para uso.

**Tabela 5.3** – Valores de isolamento térmico de alguns tipos de cadeiras. FONTE: ISO 7730, 2005.

Tipo de cadeira	$I_{clu}$	$\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$
	Clo	
Cadeira de metal	0,00	0,00
Cadeira de madeira	0,01	0,002
Cadeira de escritório	0,1	0,016
Cadeira executiva	0,15	0,023

Outra novidade da última versão da norma foi sobre a determinação das características de isolamento dinâmico das vestimentas, pois a atividade e a ventilação modificam as características de isolamento das vestimentas e para isso é necessário correção. O fator de correção pode ser estimado usando a Equação 1.

Para vestimenta normal:  $(0,6 < I_{cl} < 1,4 \text{ clo})$  ou  $(1,2 < I_T < 2,0 \text{ clo})$ :

$$I_{T,r} = I_T \cdot \text{Corr}, I_T = I_T \cdot e^{-0,281 \cdot (v_{ar} - 0,15) + 0,44 \cdot (v_{ar} - 0,15)^2 - 0,492 \cdot v_w + 0,176 \cdot v_w^2} \quad (\text{eq. 1})$$

Onde o  $I_{T,r}$  é o resultante total do isolamento da vestimenta, ( $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$  ou  $\text{clo}$ ), o  $I_T$  é o total do isolamento da vestimenta, ( $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$  ou  $\text{clo}$ ), o  $\text{Corr}, I_T$  é o fator de correção do total do isolamento da vestimenta, o  $v_{ar}$  é a velocidade relativa da pessoa, ( $\text{m}/\text{s}$ ) e o  $v_w$  é a velocidade da pessoa andando, ( $\text{m}/\text{s}$ ).

Para pessoas sem roupas ( $I_{cl} = 0 \text{ clo}$ ) é apresentada a Equação B.2 da ISO 7730, 2005.

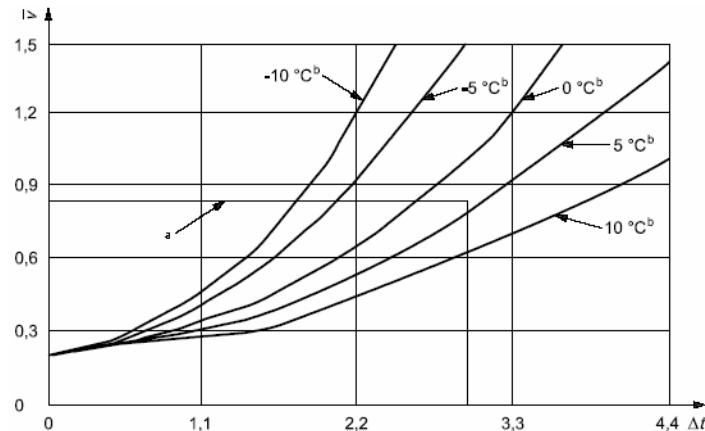
Sobre adaptação a ISO 7730 (2005) apresentou que para os desvios causados pelas diferenças étnicas, nacionais ou geográficas, são necessárias maiores observações nas pessoas (comportamento), principalmente quando estiverem em ambiente naturalmente ventilado. Esta preocupação se deve aos resultados obtidos pelo trabalho de Dear e Brager (1998) e Brager e de Dear (2000).

A adaptação ocorre com freqüência onde os ambientes são quentes ou frios, pois a alteração da vestimenta, da postura e a diminuição do ritmo da atividade são formas de adaptação que são difíceis de mensurar podendo causar um resultado errôneo de aceitabilidade térmica.

Algumas experiências de campo mostraram que as pessoas, em tais condições, poderiam considerar aceitáveis as temperaturas mais altas do que as prevista pelo PMV. Quando estes “desvios” são identificados, a norma recomenda que pode ser projetados ambientes que considerem os valores mais elevados de PMV.

A ISO 7730 (2005) apresentou a informação de que a alteração de 10% na umidade representa a alteração de 0,3 °C na temperatura, conforme conclusão de Berglund (1998).

Para a velocidade do ar A ISO 7730 (2005) adicionou a Figura 3.4.10, elaborada com base do trabalho de Fountain et al. (1994), que apresenta a relação da variação da temperatura do ar (a partir dos 26°C) em função da velocidade média do ar ( $\text{m}/\text{s}$ ).



$\Delta t$  – temperatura a partir dos 26°C;

$V$  – média das velocidades, m/s;

$a$  – limite para atividade sedentária;

$b$  – diferença entre a temperatura radiante média e a temperatura do ar.

**Figura 3.4.10** – Velocidade do ar requerida para aumento da temperatura. FONTE: ISO 7730, (2005)

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A norma ISO 7730 (2005) adicionou informações sobre os seguintes assuntos: aceitabilidade térmica, exposição a longos períodos, rampas de temperatura, ciclo de temperatura, *draught*, assimetria da radiação de paredes ou janelas, adaptação, fluxo do ar, umidade e velocidade do ar para diversas situações que foram tratadas nas pesquisas apresentadas. Portanto, por meio da revisão destes trabalhos foi possível identificar os procedimentos e estratégias para alcançar os dados e as informações alteradas na última versão da norma em questão.

A maioria dos trabalhos referenciados na ISO 7730 (2005) foram realizadas em câmaras controladas com o objetivo de encontrar a sensação térmica, de pessoas norte-americanas e européias. Contudo, desvios causados pela diferença étnica e geográfica necessitam de maiores estudos (ISO 7730, 2005). Em face disso, seria interessante realizar no Brasil trabalhos em câmaras controladas para adequar estes parâmetros e reduzir os desvios.

## 7 REFERÊNCIAS

BERGLUND, L.G.; GONZALEZ, R.R., Occupant Acceptability of Eight Hour Long Temperature Ramps in the Summer at Low and High Humidities. In: **ASHRAE Transactions**, v. 84, pp. 278-284, 1978.

BERGLUND, L. G., Thermal Acceptability. In: **ASHRAE Transactions**, v. 85, pp. 825-834, 1979.

BERGLUND, L.G. and FOBELETS, A.P.R., Subjective Human Response to Low-Level Air Current and Asymmetric Radiation. In: **ASHRAE Transactions**, v. 93, pp. 497-523, 1987.

BERGLUND, L.G.; Comfort and Humidity. In: **ASHRAE Journal**, v.40, 1998.

BRAGER, G.S. and de DEAR, R., A standard for natural ventilation. In: **ASHRAE Journal**, v. 42 (10) pp. 21-27.2000.

DE DEAR, R. and BRAGER, G.S., Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. In: **ASHRAE Transactions**, v. 104, part. 1, pp.145-167. 1998.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort** – Analysis and Application in Engineering. Copenhagen, 1970.  
FANGER, P.O.; OSTERGAARD, J.; OLESEN, O. and MADSEN, Th., Lund: The effect on man's comfort of a uniform air flow from different directions. In: **ASHRAE Transactions**, v. 80, part. 2, pp. 142-157, 1974.

FANGER, P.O.; OLESEN, B.W.; LANGKILDE, G. and BANHIDI, L. Comfort limits for Heated Ceilings, **ASHRAE Transactions**, v. 86, pp. 141-156, 1980.

FANGER, P.O. and CHIRISTENSEN, N.K. Perception of Draught in Ventilated Spaces. In: **Ergonomics**, v. 29: pp. 215-235, 1986.

FOUNTAIN, M.; ARENS, E.; DE DEAR, R.; BAUMAN, F.; MIURA, K.; Locally Controlled Air Movement Preferred in Warm Isothermal Environments. In: **ASHRAE Transactions**, v. 100, part 2. 1994.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 7730 (1994)** “Moderate thermal environments-determination o the PMV and PPD indices and specification of conditions for thermal comfort”. Geneva.

\_\_\_\_\_. **ISO 7730 (2005)** “Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria”. Geneva

JONES, B.W.; HSIEH, K. and HASHINAGA, M., The Effect of Air Velocity on Thermal Comfort at Moderate Activity Levels, **ASHRAE Transactions**, v. 92, part. 2B: pp. 761-769, 1986.

MCINTYRE, D. A.; Preferred air speed for comfort in warm conditions. In: **ASHRAE Transactions**, v. 84, part. 2. 1978.

McNALL, P.E. Jr. And BIDDISON, R.E., Thermal and Comfort Sensations of Sedentary Persons Exposed to Asymmetric Radiant Fields, **ASHRAE Transactions**, v. 76, pp. 123-136, 1970.

ROHLES, F.H.; MILLIKEN, G.A.; SKIPTON, D.E. and KRSTIC, L., Thermal Comfort During Cyclical Temperature Fluctuations, In: **ASHRAE Transactions**, v. 86, pp. 125-140, 1980.

ROHLES, F.H. Jr.; KONZ, S.A. and JONES, B.W. Celing Fans as Extenders of the Summer Comfort Envelope, **ASHRAE Transactions**, v. 89, pp. 245-263, 1983.

SCHEATZLE, D.G., WU, H. and YELLOTT, J., Extending The Summer Comfort Envelope with Ceiling Fans in Hot, Arid Climates, In: **ASHRAE Transactions**, v. 95, part 1, pp. 269-280, 1989.

TANABE, S., and KIMURA, K., Effect of air temperature, humidity, and air movement ond thermal comfort under hot and humid conditions. **ASHRAE Transactions**, v. 100, part. 2, p. 16. 1994.

## 8 AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pela bolsa de estudos – Processo 2006/023734-8 e a Prof<sup>a</sup> Lucila Chebel Labaki pela orientação na pesquisa.