

## **ADAPTABILIDADE DE ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO PARA BELO HORIZONTE - MG, COM BASE EM PESQUISA DE POPULAÇÃO UNIVERSITÁRIA**

**Willi de Barros GONÇALVES** – willi@pucminas.br

PUC-Minas - Depto. de Arquitetura e Urbanismo / Faculdades Metodistas Integradas Izabela Hendrix - Av. D. José Gaspar, 500 - Coração Eucarístico - Belo Horizonte - MG - 30535-610

**Ramón Molina VALLE** – ramon@vesper.demec.ufmg.br

Departamento de Engenharia Mecânica - Escola de Engenharia

**Emerson Silami GARCIA** - emerson@mestrado.eef.ufmg.br

CENESP - Escola de Educação Física

Universidade Federal de Minas Gerais - Av. Antônio Carlos, 6627 – Campus da Pampulha – 31270-901 – Belo Horizonte - MG

***Resumo:** Este trabalho apresenta uma análise, baseada em pesquisa de campo, sobre conforto térmico realizada com população universitária em Belo Horizonte. Os índices e zonas de conforto térmico são ferramentas úteis no estudo do desempenho das edificações, quanto ao conforto ambiental. Entretanto, diversos índices e zonas difundidos e utilizados no Brasil são obtidos com base em realidades climáticas diferentes das nossas e em respostas de usuários aclimatados a essas condições específicas. O objetivo principal desse estudo é pesquisar os índices e zonas de conforto térmico mais significativos e usados, encontrados na literatura técnica, levantando o seu método de obtenção, e seus limites de aplicabilidade e/ou adaptabilidade para uso em Belo Horizonte - MG, levando em conta as características climáticas da região e a adaptação climática dos indivíduos, estudados através de pesquisa em ambiente construído. Com este objetivo, são analisados os diagramas bioclimáticos de Olgay, Givoni e Szokolay, o método Fanger de PMV/PPD e o índice de temperatura efetiva.*

***Palavras-chave:** Conforto Ambiental, Conforto Térmico, Termorregulação Humana*

### **1. INTRODUÇÃO**

O homem é um animal homeotérmico. O corpo troca calor com o meio ambiente através de processos de convecção, radiação e condução, sendo que este último acontece em menor escala. Além desses, o processo de evaporação do suor também representa uma importante perda de calor para o ambiente. Todos esses processos estão sujeitos a leis físicas, e vários mecanismos fisiológicos termorreguladores do corpo permitem que sejam reguladas as taxas de geração e perda de calor, de forma a manter o equilíbrio térmico.

Os parâmetros físicos mais importantes que influenciam as condições de conforto térmico são os *fatores individuais ou pessoais* (taxa metabólica de produção de calor, devido à

atividade desempenhada) e os *fatores ambientais* (temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade e umidade relativa do ar).

Não se pode considerar separadamente o efeito de somente uma dessas variáveis físicas, pois o efeito de cada uma delas depende do efeito das outras. A combinação das variáveis pode ser expressa através de um só parâmetro, geralmente denominado índice de conforto térmico. Os gráficos que expressam esse parâmetro em função de uma ou mais variáveis térmicas do ambiente são chamados de zonas de conforto térmico.

Há dois tipos de índice de conforto térmico: os subjetivos e os biofísicos. Nos índices subjetivos, as respostas subjetivas e fisiológicas dos indivíduos são utilizadas como variáveis dependentes. Os índices biofísicos são baseados em princípios físicos de transferência de calor. Ambos os tipos variam em relação à abordagem do problema e, conseqüentemente, variam as unidades físicas usadas. Eles variam também quanto à sua aplicabilidade, pois diferem quanto à importância relativa atribuída a cada uma das variáveis, bem como à sua interdependência. Outro aspecto dessa variação que deve ser destacado é o fato de que os índices subjetivos se originam de observações feitas em laboratório ou em ambiente construído.

De uma forma geral, cada índice subjetivo envolve ferramentas de natureza estatística para análise dos dados experimentais. Trabalha-se com o julgamento de satisfação ou insatisfação de um grupo de indivíduos, o que limita a aplicabilidade do índice às condições físicas para as quais foi determinado, não sendo recomendável – embora a prática seja esta – generalizá-los para outros contextos climáticos. É precisamente neste aspecto da aplicabilidade dos diversos índices de conforto térmico que se centra este estudo.

A quantidade de calor a ser retirada do ambiente por um aparelho de ar condicionado é determinada por índices de conforto térmico, e como nossos aparelhos são geralmente especificados com base em índices de conforto térmico definidos para população americana ou européia, é comum ouvir queixas dos usuários quanto a temperatura e umidade relativa excessivamente baixas produzidas pelos aparelhos, mesmo em edifícios equipados com sofisticados instrumentos de controle ambiental. Desta forma, a adaptação dos índices de conforto térmico para projeto de instalações de ar condicionado poderia permitir temperaturas mais altas nos ambientes condicionados, ou permanecerem menos horas ligados durante o período de inverno, o que levaria a taxas de trabalho menores nos compressores e, conseqüentemente a uma economia de energia.

Neste trabalho, os índices e zonas cuja aplicabilidade é analisada são: os diagramas bioclimáticos de Olgyay (1963), Givoni (1976) e Szokolay (1995), método Fanger de PMV/PPD (Fanger, 1970; ISO, 1994), índice de temperatura efetiva corrigida (Bedford, 1946) e índice de temperatura efetiva padrão (ASHRAE, 1997).

## **2. TIPOS DE VARIÁVEIS MANIPULADAS**

O presente trabalho se propõe a responder a seguinte questão: em que condições os índices de conforto térmico encontrados na literatura técnica, e que são convencionalmente utilizados, correspondem às condições de conforto levantadas especificamente para a população estudada, levando em consideração as características climáticas da região em estudo e a adaptação climática dos indivíduos?

A técnica de pesquisa utilizada, para o levantamento de votos de conforto e sensações térmicas dos indivíduos, foi o uso de questionários, com uma medição simultânea das variáveis em cada ambiente estudado.

Os parâmetros utilizados no estabelecimento de um índice de conforto térmico podem ser divididos em dois grupos: os físico-ambientais e os psico-fisiológicos.

## 2.1 Parâmetros físico-ambientais

O grupo dos parâmetros físico-ambientais subdivide-se em outros dois: aqueles que podem ser medidos *diretamente* no ambiente e aqueles que são *calculados* a partir dessas medições. Dentre as variáveis físicas usadas neste trabalho para o cálculo dos índices de conforto térmico, foram medidas diretamente: temperatura do ar (temperatura de bulbo seco), temperatura de bulbo úmido natural e psicrométrica, velocidade do ar e temperatura de globo.

Os parâmetros utilizados neste trabalho que dependem de rotinas de cálculo a partir dos parâmetros medidos diretamente são: umidade relativa, temperatura radiante média, temperatura operativa e temperatura efetiva. Uma descrição completa destes parâmetros, bem como de seus métodos de medição pode ser encontrada em (Gonçalves, 2000).

## 2.2 Parâmetros psico-fisiológicos

A variável psico-fisiológica mais importante levantada no trabalho é a **sensação térmica** dos indivíduos. O estudo da relação existente entre os estímulos externos recebidos e as sensações experimentadas pelos indivíduos é do domínio da *psico-física*. Esse ramo do conhecimento investiga, por exemplo, a relação entre níveis de iluminância medidos e brilho aparente, nível de intensidade sonora medido e volume sonoro percebido.

A sensação térmica dos indivíduos tem sido tradicionalmente medida usando uma escala de sete pontos, em pesquisas de campo. Os indivíduos são solicitados a quantificar a sua sensação térmica numa escala descritiva, subjetiva.

A escala utilizada neste trabalho é a recomendada pela ASHRAE (1997), adotando-se um número para cada grau da mesma. Além do número, adotou-se uma abreviatura para cada grau da escala: muito quente (+3, MQ), quente (+2, Q), ligeiramente quente (+1, LQ), confortável (0, C), ligeiramente frio (-1, LF), frio (-2, F), muito frio (-3, MF).

Além da sensação térmica, outros parâmetros psico-fisiológicos foram levantados junto dos indivíduos amostrados, como por exemplo, votos em escalas subjetivas de satisfação, aceitabilidade e preferência térmica, isolamento térmico da vestimenta e taxa metabólica. Estes dois últimos foram obtidos mediante conversão das respostas marcadas nos formulários, com uso de tabelas encontradas na bibliografia (Gonçalves, 2000).

## 3. METODOLOGIA ADOTADA

A metodologia empregada para o desenvolvimento deste trabalho compreendeu as seguintes etapas:

### 4.1 Embasamento teórico

Nesta etapa foram realizados a definição do projeto, a revisão bibliográfica, o estudo dos mecanismos fisiológicos termorreguladores, a caracterização climática da região, e o estudo dos índices de conforto térmico considerados como mais significativos na literatura técnica;

### 4.2 Planejamento do experimento

Esta etapa compreendeu um planejamento completo da metodologia experimental e envolveu as seguintes tarefas: elaboração do plano amostral, detalhamento da fase de coleta de dados, definição dos procedimentos estatísticos para a análise dos dados, elaboração dos questionários para levantamento dos dados, definição das variáveis envolvidas e especificação dos sistemas de medição a serem utilizados no processo experimental, com estimativa das

fontes de erro no processo de medição. A amostra pesquisada foi de 570 indivíduos, tendo sido realizados 20 ensaios de campo.

### 4.3 Definição do modelo para o tratamento estatístico dos dados

Antes da etapa experimental foi realizado um estudo dos modelos disponíveis para a análise estatística dos dados a serem obtidos. A definição do modelo influenciou na elaboração de algumas questões dos formulários de pesquisa utilizado. Uma versão completa dos formulários pode ser encontrada em (Gonçalves, 2000).

O modelo estatístico utilizado é o modelo “probit” (probability unit). Este modelo, apresentado por (Finney, 1964), foi utilizado em trabalhos anteriores na mesma área, realizados no Brasil (Araújo, 1997; Xavier, 1999) e no exterior (Federspiel, 1998; Kwok, 1998; Matthews e Nicol, 1995).

### 4.4 Coleta de dados

A pesquisa foi realizada dentro de salas de aula. Simultaneamente, foram medidas as variáveis físico-ambientais e as respostas dos indivíduos baseadas na sensação térmica existente no momento da medição. Para o levantamento dos dados foram utilizados instrumentos de medição tais como termômetro, psicrômetro, termômetro de globo e anemômetro. Ao mesmo tempo, foram aplicados questionários para levantar a resposta dos indivíduos em termos de sensações térmicas e as condições de vestimenta, sexo, idade e adaptação climática.

## 4. RESULTADOS

Após a coleta de dados foram realizadas análises descritivas, testes paramétricos de associação, independência e influência, análise de regressão e análise probabilística através do modelo probit. O tratamento estatístico dos dados levantados em campo possibilitou a obtenção dos limites de conforto térmico para a população em estudo, resumidos na Tabela 1. Para melhor visualização, os limites mostrados na Tabela 1 foram desenhados numa carta psicrométrica, mostrada na Fig. 1. Essa figura mostra também as zonas de conforto e de influência de estratégias bioclimáticas de ventilação, propostas por Givoni (1976).

Tabela 1. Limites de conforto para a população estudada

Variável físico-ambiental	Valor ótimo	Limites de conforto
Temperatura operativa	23,1°C	21,1 - 24,9 °C
Temperatura de bulbo seco	22,7°C	20,8 - 24,7 °C
Temp. de bulbo úmido	16,7°C	14,8 - 19,4 °C
Temperatura de Globo	21,3°C	21,3 - 25,1°C
Umidade relativa	67%	64 - 93%
Umidade absoluta	12,0g/kg	9,5 - 15,5g/kg
Velocidade do ar	1,0 m/s	0,4 - 1,7 m/s

A análise probit resulta em um par de curvas sigmoidais, para cada variável analisada. Uma referente ao desconforto pelo calor e outra referente ao desconforto pelo frio. Cada curva representa a probabilidade de um indivíduo se sentir desconfortável, ou uma estimativa do percentual de indivíduos desconfortáveis. Para obtenção dos limites de conforto foi considerado um percentual máximo de pessoas insatisfeitas de 30%. Os valor ótimos de cada variável é aquele que corresponde ao menor percentual de insatisfeitos estimado pelas duas curvas, simultaneamente (Gonçalves, 2000 e Araújo, E., 1997).

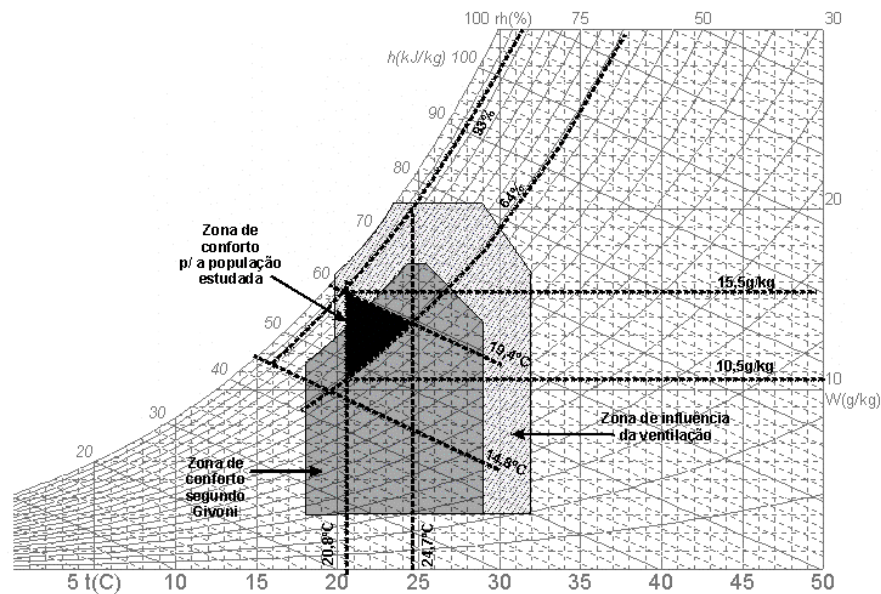


Figura 1 - Comparação dos limites de conforto obtidos para a população estudada com a zona de conforto do diagrama bioclimático de Givoni

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A seguir, os limites de conforto obtidos para a população estudada são comparados com os diversos índices e zonas pesquisados.

**Diagrama bioclimático de Givoni.** Definido para Israel, o diagrama bioclimático de Givoni (1976, 1992) é construído sobre uma carta psicrométrica. As condições de conforto são estabelecidas a partir do índice de fadiga térmica, definido pelo autor. Observa-se, na Fig. 1, que quase toda a área da zona de conforto obtida neste trabalho fica dentro da zona proposta por Givoni com uma pequena parcela inserida na zona de influência da ventilação. Pode-se afirmar que, a princípio, esse instrumento de avaliação é aplicável para a população estudada, respeitando-se os limites da zona de conforto obtida neste trabalho. Porém, é necessária a pesquisa sobre a configuração das zonas de estratégias bioclimáticas em torno da zona de conforto, principalmente no que diz respeito às estratégias que envolvem trocas por evaporação. Não obstante os limites para umidade relativa possam ser considerados altos, limites compatíveis foram obtidos em estudos anteriores (Araújo, V., 1997 e Xavier, 1999).

**Diagrama bioclimático de Olgay.** A Figura 2 mostra a zona de conforto proposta por Olgay (1963) estabelecida em função da temperatura de bulbo seco e da umidade relativa, tendo à sua volta zonas de estratégias bioclimáticas. Verifica-se, na Fig. 2, que a zona ABC, em preto, formada pela interseção dos limites de conforto obtidos neste trabalho encontra-se fora da zona de conforto proposta por Olgay, inserindo-se na zona de influência da ventilação. Considerando-se somente os limites obtidos para a temperatura de bulbo seco e para a umidade relativa, o retângulo ABDE intercepta uma pequena porção da zona de conforto original. Constatou-se que se não for feita a correção para a latitude, o polígono de conforto ABDE - desconsiderando os limites em relação à velocidade do ar - intercepta uma área ligeiramente maior da zona de conforto original. Os limites obtidos para a temperatura de bulbo seco ficam quase totalmente dentro da zona de conforto, nesse caso. O mesmo porém, não acontece para a umidade relativa e a velocidade do ar. Em função das restrições a este diagrama, e da comparação acima, pode-se afirmar que, a rigor, o mesmo não é aplicável para a população estudada.

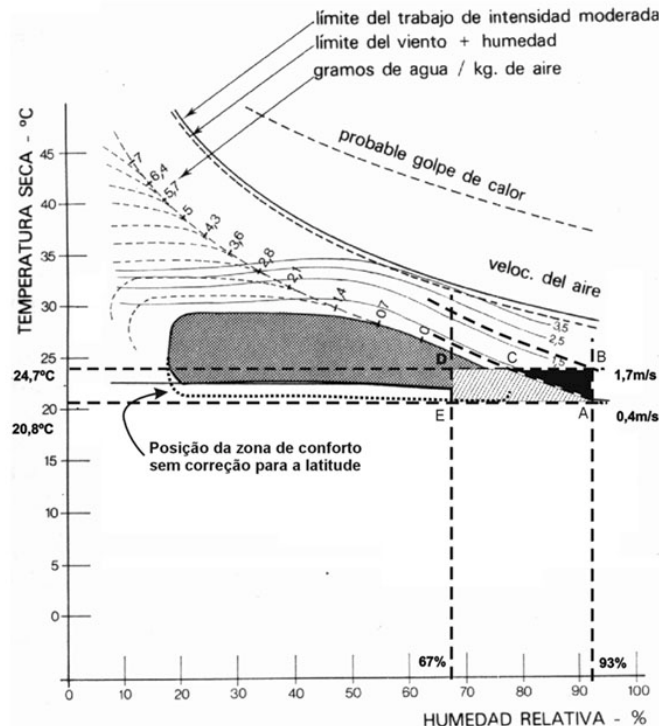


Figura 2 - Comparação dos limites de conforto obtidos para a população estudada com a zona de conforto do diagrama bioclimático de Olgay, p/ latitude 20°S. Adaptado de (Izard, 1980).

**Método Fanger de PMV/PPD.** Dentre os modelos biofísicos, que combinam as variáveis físicas e fisiológicas envolvidas com o conforto térmico, o mais conhecido é o Voto Médio Estimado/Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (PMV – Predict Mean Vote; PPD - Percentage of People Dissatisfied) desenvolvido por Fanger (1970). Esse modelo é a base da norma ISO 7730 (ISO, 1994). O método é derivado da solução da equação de balanço térmico entre o corpo e o ambiente (estado permanente), combinada com um método empírico de pesquisa sobre a sensação térmica das pessoas.

Da análise dos dados, foram obtidas duas curvas, mostradas na Fig. 3. A curva 1, obtida por ajuste não linear dos pontos obtidos do cruzamento *porcentagem de insatisfeitos observada x sensação térmica média* observados em cada sala. A curva 2 é obtida introduzindo no modelo original de Fanger, o percentual máximo de satisfeitos observado (Araújo, V., 1997). A Fig. 3 mostra ainda o cruzamento da porcentagem de pessoas insatisfeitas observada com a sensação térmica observada. A área de cada círculo é proporcional ao número de ocorrências de uma determinada combinação de *sensação térmica observada* e *porcentagem de insatisfeitos observada*, contabilizando n=544 observações. Os círculos superpostos indicam valores percentuais próximos. O coeficiente de determinação obtido para o modelo original de Fanger (curva 3), é  $R^2 = 0,780$ , quando ele é comparado com os 544 pontos obtidos do cruzamento *sensação térmica observada* e *porcentagem de insatisfeitos observada*. Foi obtido o mesmo coeficiente de determinação para a curva 2, quando ela é comparada com os mesmos dados. Considerou-se que o modelo proposto por Fanger é aplicável para a população estudada. As curvas 1 e 2, obtidas experimentalmente, podem ser usadas em conjunto para prever um intervalo de variação na estimativa do percentual de insatisfeitos em um ambiente.

**Nomograma de temperatura efetiva corrigida.** O índice de temperatura efetiva original é empírico e foi definido por (Houghten e Yaglou, 1923). Ele foi apresentado de forma que o seu valor pode ser determinado para qualquer combinação de temperaturas de bulbo seco e

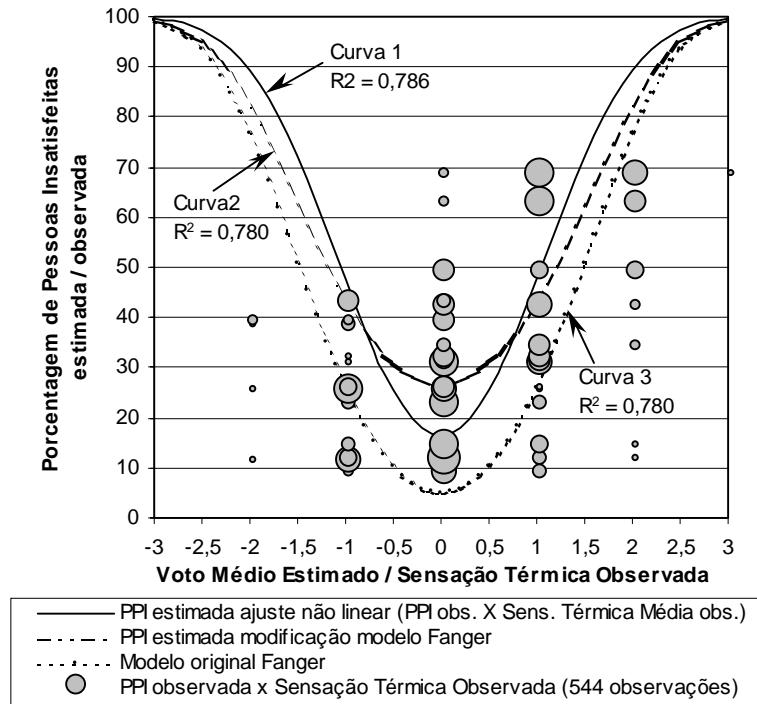


Figura 3 - Voto médio estimado contra Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas estimada / Sensação térmica observada contra Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas observada / comparação dos modelos de estimativa da Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas

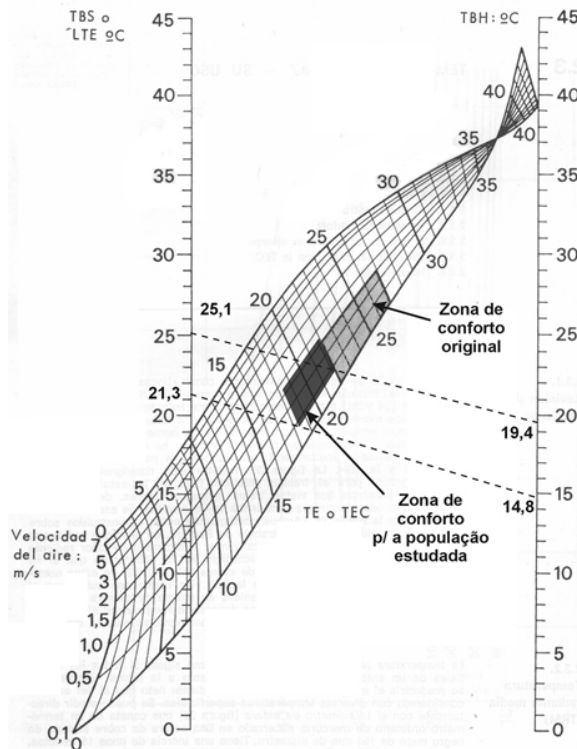


Figura 4 - Comparação dos limites de conforto obtidos para a população estudada com a zona de conforto do nomograma de temperatura efetiva corrigida. Adaptado de (Koenigsberger et al., 1977).

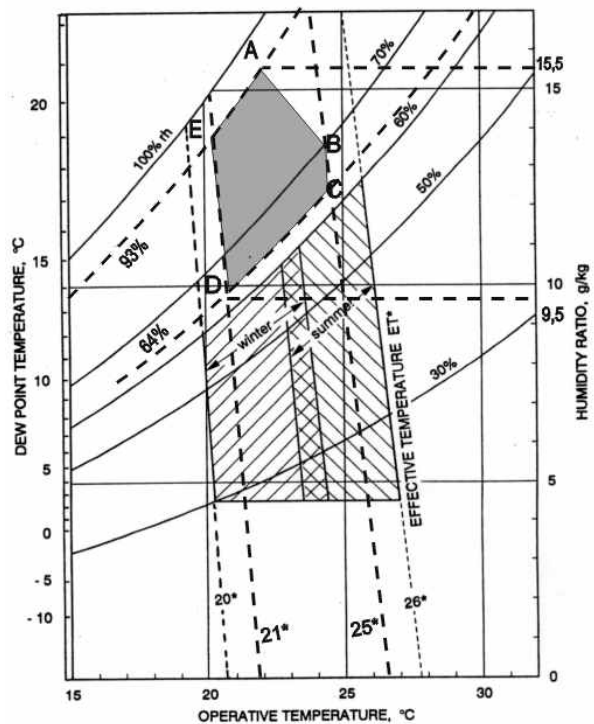


Figura 5 - Comparação dos limites de conforto obtidos para a população em estudo com a zona de conforto da norma ASHRAE 55-1992. Adaptado de (ASHRAE, 1997).

úmido e velocidade do ar. Posteriormente ele foi corrigido para considerar os efeitos das trocas por radiação (Bedford, 1946), passando a chamar-se *índice de temperatura efetiva corrigida*. Verifica-se, na Fig. 4, que a zona de conforto obtida para a população em estudo fica adjacente à zona de conforto original. Observa-se que o limite superior para a velocidade do ar, 1,7m/s, supera ligeiramente o limite original de 1,5m/s, que já é alto. Outros resultados não apresentados neste trabalho, indicam que os usuários preferem velocidades mais baixas quanto ao movimento do ar, porém, associam velocidades mais altas a níveis maiores de frescor do ar. Considerou-se que o nomograma é aplicável, deslocando-se a zona de conforto.

**Índice de temperatura efetiva padrão.** O índice de temperatura efetiva corrigida foi usado pela ASHRAE até que Gagge (1972) definiu a *nova temperatura efetiva (TE\*)*, com uma abordagem mais racional e matemática. Para o cálculo da temperatura efetiva foram considerados os seguintes parâmetros: Isolamento da vestimenta = 0,7clo, taxa metabólica = 1,2 met. Os outros dados de entrada são os limites da Tabela 1. Os limites de temperatura efetiva obtidos para a população estudada variam de 21,1°C a 24,9°C. Convém enfatizar que este índice difere do anterior em sua metodologia de obtenção e que, portanto, estes limites de temperatura efetiva não se aplicam àquele índice.

Verifica-se que os limites obtidos de temperatura efetiva caem dentro da zona de conforto, porém os limites de umidade relativa, não. Pode-se afirmar que a aplicabilidade do instrumento para a população em estudo, em sua forma original, é reduzida, ficando restrita à valores de temperatura efetiva. Entretanto o instrumento se torna aplicável, caso se considere a zona de conforto representada pelo polígono ABCDE, mostrado na Fig. 5.

**Diagrama bioclimático de Szokolay.** Em 1987, Szokolay (1995) desenvolveu o método CPZ (Control Potential Zone) para análise do clima e recomendações de projeto. A Figura 6 mostra a zona de conforto desenhada a partir de uma adaptação da metodologia proposta pelo autor. Para a determinação da temperatura de conforto, a equação proposta por Szokolay foi substituída pela seguinte equação proposta por Humphreys (1981):

$$T_c = 11.9 + 0,534 T_{ext} \quad (1)$$

onde  $T_c$  é a temperatura de conforto e  $T_{ext}$  é a temperatura externa média anual. Essa equação resulta, para Belo Horizonte, numa temperatura de conforto de 23,1°C, que é a temperatura operativa de conforto para a população estudada.

Constata-se que, se os limites de umidade absoluta do método original foram deslocados para atender aos limites obtidos para a população em estudo, a zona de conforto obtida com o método (área hachurada) passa a enquadrar perfeitamente a zona de conforto para a população em estudo (área preta). Concluiu-se que este diagrama, em sua metodologia original, tem uma aplicabilidade reduzida para a população estudada. Esta aplicabilidade pode ser incrementada, mediante as modificações propostas na metodologia de obtenção da zona de conforto. Assim como para o método de Givoni, a pesquisa futura deve tentar esclarecer a configuração das Zonas de Controle Potencial, em torno da zona de conforto.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados buscou estabelecer em que condições os índices estudados são aplicáveis para a população estudada. O único índice que se julgou totalmente não aplicável à população em estudo foi o diagrama de Olgyay. O diagrama bioclimático de Givoni é aplicável, sofrendo uma redução na zona de conforto. O método de Fanger é aplicável, devendo suas equações serem ajustadas para refletir a realidade da população em estudo.



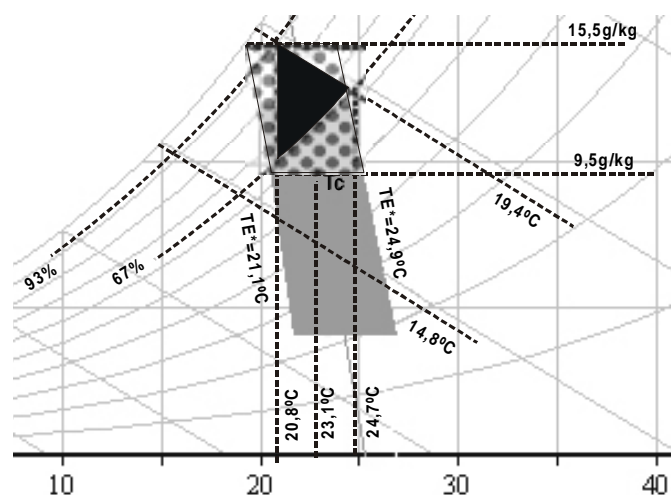


Figura 6 - Comparação dos limites de conforto obtidos para a população estudada com a zona de conforto de Szokolay adaptada

O índice de temperatura efetiva corrigida é aplicável, mediante o deslocamento da zona de conforto. A zona de conforto da ASHRAE (temperatura efetiva padrão) tem aplicabilidade reduzida, podendo ser incrementada através do deslocamento da zona de conforto. O diagrama bioclimático de Szokolay tem aplicabilidade reduzida, apresentando, porém um resultado muito bom, ao se introduzir modificações em sua metodologia, de forma a adequá-lo à população em estudo.

### ***Agradecimentos***

Às FAMIH, pela cessão de um bolsista de iniciação científica. Ao Laboratório de Fisiologia do Exercício da EEF-UFMG e ao Laboratório de Vação de Gases do CETEC-MG pelo apoio e empréstimo de instrumentos de medição.

### **REFERÊNCIAS**

- Araújo, E. H. S., 1997. Aplicação do modelo probit para análise da relação entre variáveis ambientais e o grau de satisfação de usuários de edificações. In: IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído - Anais. Salvador : FAUFBA / LACAM; ANTAC, p. 283-288.
- Araújo, V. M. D. e Araújo, E. H. S., 1997. Estudo da aplicabilidade de índices e zonas de conforto térmico na avaliação de desempenho térmico de edificações em Natal - RN. In: IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído - Anais. Salvador : FAUFBA/LACAM; ANTAC, p. 262-268.
- ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1997. 1997 ASHRAE handbook – fundamentals. Atlanta: ASHRAE.
- Bedford, T., 1946. Environmental warmth and its measurement. Medical Research Council, War Memo No. 17. Londres: Stationery Office.
- Fanger, P.O., 1970. Thermal comfort analysis and applications in environmental engineering. Copenhagen: Danish Technical Press.
- Federspiel, C.C., 1998. Statistical analysis of unsolicited thermal sensation complaints in commercial buildings. ASHRAE Transactions, v. 104, pt. 1.
- Finney, D.J., 1964. Probit analysis - a statistical treatment of the sigmoid response curve. Cambridge: Cambridge University Press.

- Gagge, A.P., 1972. Standard effective temperature -- A single temperature index of temperature sensation and thermal discomfort. In: Thermal comfort and moderate heat stress, CIB W45, Building Research Station, HMSO. p. 229-250.
- Givoni, B., 1976. Man, climate and architecture. Londres: Elsevier.
- Givoni, B., 1992. Comfort climate analysis and building design guidelines. Energy and buildings, v. 18, nº 1, p. 11-23.
- Gonçalves, W.B., 2000. Estudo de índices de conforto térmico avaliados com base em população universitária na região metropolitana de Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: UFMG - Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica.
- Houghten, F.C. e Yaglou, C.P., 1923. Determination of the Comfort Zone. ASHVE Research Report No. 673., ASHVE Transactions, v. 29, p. 361.
- Humphreys, M.A, 1981. The dependence of comfortable temperatures upon indoor and outdoor temperatures, in: CENA e CLARKE (editores) Bioengineering, Physiology and Comfort, Amsterdam: Elsevier.
- ISO - International Organization for Standardization, 1994. Standard 7730, Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Genebra: International Standardization Organization.
- Izard, J. L. e Guyot, A., 1980. Arquitectura bioclimática. Barcelona, Gustavo Gili.
- Koenigsberger, O. et al., 1977. Viviendas y edificios en zonas calidas y tropicales. Trad. Emilio Romero Ros. Madrid: Paraninfo.
- Kwok, A.G., 1998. Thermal comfort in tropical classrooms. ASHRAE Transactions, v. 104, pt 1.
- Matthews, J. E Nicol, J.F., 1995. Thermal comfort of factory workers in northern India. In: NICOL, J.F., et al. Standards for Thermal Comfort: Indoor Air Temperature Standards for the 21st Century. Londres: Chapman and Hall, p. 227-233.
- Olgay, V., 1963. Design with climate. New Jersey: Princeton University.
- Szokolay, S. V., 1995. Termal Design of Buildings. Camberra, Australia: Raia Education Division.
- Xavier, A. A. P., 1999. Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC -. Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil.

## **ADAPTABILITY OF THERMAL COMFORT INDICES FOR BELO HORIZONTE-MG, WITH BASIS IN FIELD RESEARCH OF UNIVERSITY POPULATION**

**Abstract.** *This paper presents an analysis based on a thermal comfort field research made with university population in Belo Horizonte. The thermal comfort indices and zones are useful tools in the study of the building performance, with relationship to the environmental comfort. However, several known indexes and zones used in Brazil are obtained with basis in climatic realities different from ours and in answers of users acclimatized to those specific conditions. The main objective of this study is to research the more significant and used thermal comfort indices and zones, found in the technical literature, describing their methodology, and their limits of applicability and/or adaptability for use in Belo Horizonte, taking into account the climatic characteristics of the area and the individuals' climatic adaptation, studied through field research in built environment. In order to reach this objective, it analyzes the bioclimatic diagrams after Olgay, Givoni and Szokolay, the Fanger method of PMV/PPD, the effective temperature index.*

**Keywords:** *Environmental comfort, Thermal comfort, Human thermoregulation*