

AVALIAÇÃO DE ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO ENTRE OS UNIVERSITÁRIOS NA CIDADE DE OURO PRETO

Márcia S. Fontanella (1); Henor A. de Souza (2)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, marciafontanella@yahoo.com.br

(2) Prof. do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – área de Construção Metálica - Escola de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, MG, henor@em.ufop.br

RESUMO

Condições microclimáticas adequadas são importantes em qualquer ambiente construído, em particular, nos ambientes escolares. Nesses ambientes, a qualidade, ou seja, as condições de conforto (térmico, acústico e luminoso) no mesmo, podem atuar no rendimento do aluno, influenciando na concentração, compreensão, aprendizagem e desempenho global do estudante. Avalia-se o ambiente térmico das salas de aula da Universidade Federal de Ouro Preto, especificamente na Escola de Minas e no Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, investigando-se a percepção dos usuários. A investigação é realizada por meio da aplicação de questionários e medição das variáveis ambientais *in loco*, simultaneamente, ao longo dos meses de junho, outubro e novembro de 2008. Os resultados obtidos são tratados estatisticamente obtendo-se os índices de conforto para a população em estudo, por meio da análise probit. No caso em estudo, obtém-se uma percentagem de aproximadamente 70% de satisfeitos com o ambiente térmico.

Palavras-chave: conforto térmico, salas de aula.

ABSTRACT

Adequate microclimatic conditions are important for any built environment, especially for educational environments. In these environments, the comfort conditions (thermal, acoustic, and luminous comfort) may influence on the student's performance, concentration, comprehension, learning and global performance. In this study, the thermal environment of the classrooms of the Federal University of Ouro Preto (UFOP) was evaluated, specifically at the "Escola de Minas" and the "Instituto de Ciências Exatas e Biológicas", by the perceptions of the students. The investigation was carried out by questionnaires and measurement of the environmental variables *in loco*, simultaneously, throughout the months of June, August, and November of 2008. The results were statistically treated, obtaining the comfort limits for the sample of this study by the probit analyses. In this study, the percentage of satisfaction with the thermal environment was 70%.

Keywords: thermal comfort, classrooms.

1. INTRODUÇÃO

As exigências atuais relativas à conservação de energia e conforto humano apontam para projetos de edificações que apresentem um desempenho global adequado. A eficiência global de uma edificação está associada à concepção de um projeto estrutural adequado e a um sistema de fechamento que apresente um bom desempenho termo-acústico em relação às condições climáticas locais. A escolha de materiais e métodos de construção, o conceito e disposição de formas e espaços, a procura do belo, do funcional e do seguro marcaram a evolução das construções, refletindo o nível de conhecimento, desenvolvimento e cultura da sociedade, além da preocupação do conforto dos usuários com o seu ambiente.

Os estudos iniciais sobre conforto tinham o objetivo principal de avaliar de que maneira as condições termohigrométricas afetavam o rendimento do trabalho. Estes estudos propunham a criação de índices de conforto térmico, que procuravam englobar, em um único parâmetro, diversas variáveis como a atividade exercida pela pessoa, o tipo de vestimenta e os parâmetros ambientais que proporcionavam as trocas de calor entre o corpo e o ambiente. Destaca-se no grupo dos índices classificados como teóricos, o proposto por Fanger (1972), e também os propostos por Olgyay (1963), Szokolay (1987), Givoni (1976, 1992).

No Brasil, assim como ocorreu na Europa, as pesquisas na área do conforto ambiental foram inicialmente desenvolvidas por higienistas e voltadas para as condições de trabalho, e foram desenvolvidos na década de 1930 e 1940 durante o Governo Vargas, em instituição ligada ao Ministério do Trabalho.

O conforto ambiental, fator intimamente relacionado à produtividade e no caso de ambientes escolares ao rendimento escolar, depende do projeto da edificação e de seus ajustes para as atividades de seus usuários. No entanto, condições de conforto ambiental geralmente não são consideradas como ponto de partida para desenvolvimento de projetos, e isto vale também em projetos de escolas, e nem são avaliadas alternativas de projeto para resolver problemas deste tipo (GRAÇA; KOWALTOWSKI; PETRECHE, 2006). Mas quando algumas soluções simples de projeto arquitetônico, tanto para criação como adequação, forem observadas pode-se garantir bem estar aos usuários, além de economia de energia (HUMPHREYS, 2003, MYSEN et al., 2004).

Considerando os estudos relacionados ao ambiente construído realizados no país, mais especificamente aqueles voltados para edificações de uso escolar, nota-se que existe relação direta da qualidade e da produtividade com o ambiente de estudo. Então, pode-se afirmar que as salas de aulas precisam prover os alunos e professores de condições saudáveis e confortáveis, garantindo a maior naturalidade de uma das atividades mais importantes para a sociedade, que é a educação.

Vários trabalhos significativos na área de conforto térmico para usuários de edificações escolares foram realizadas no Brasil nos últimos anos. Pode-se citar os realizados por Xavier (1999), que analisou as condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis – SC, Gonçalves (2000), que estudou os índices de conforto térmico na região metropolitana de Belo Horizonte – MG, e Araújo (2001), que também analisou os parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares, considerando o caso do litoral nordestino. Estes autores pesquisaram os índices de conforto térmico mais significativos e determinaram os limites de aplicabilidade e adaptabilidade destes para o uso nas suas cidades de análise. Outros estudos sobre avaliações do conforto nas salas de aula de edifícios escolares como o de Krüger e Zannin (2004), que realizaram pesquisas em uma escola em Curitiba – PR, e o de Pasquotto, Salcedo e Fontes (2007), em Bauru – SP, são de grande importância nesta área de conforto que vem gradativamente sendo explorada nos últimos anos, gerando estudos que propõem melhorias para esses ambientes.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é investigar de forma objetiva (por meio de medições *in loco* das variáveis ambientais) e subjetiva (por meio da aplicação de questionários à população universitária) a qualidade do ambiente térmico nas salas de aula da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), especificamente na Escola de Minas (EM) e Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (ICEB), no período de junho a novembro de 2008, e comparar os resultados obtidos com os principais índices de conforto térmico.

3. MÉTODO

O procedimento utilizado para a investigação das condições de conforto térmico nas salas de aula é dividido em três etapas: (1) definição e planejamento do projeto (parte teórica); (2) pesquisa de campo (parte prática); e (3) análise e obtenção dos resultados.

3.1 Definição e planejamento do projeto (parte teórica)

O desenvolvimento do experimento contemplou além da definição e detalhamento da fase de coleta de dados, a definição das variáveis envolvidas (temperatura do ar, de globo e umidade), medidas por meio de sensores adequados e específicos, como estas variáveis seriam obtidas durante o processo experimental e a elaboração dos questionários a serem aplicados e utilizados (para os alunos e para o pesquisador). Também fez parte desta fase, a aproximação aos equipamentos que seriam utilizados nas medições *in loco*.

O questionário aplicado aos usuários incluiu os seguintes pontos: (1) identificação da sala pesquisada, possibilitando seu reconhecimento em caso de separação do restante; (2) dados individuais do usuário: sexo, idade, peso e altura; (3) definição do tipo de roupa que o aluno está usando no momento; (4) sensação térmica em relação ao ambiente naquele momento, numa escala de 7 pontos; (8) satisfação e aceitabilidade da sala de aula naquele momento; (9) sensação em relação ao movimento do ar; (10) há necessidade de intervenções para melhorar o conforto térmico; (11) sensações que podem ter ocorrido com o usuário na última hora; (12) a incidência solar é excessiva; (13) há necessidade do controle da incidência solar durante o período de aula; (14) satisfação com o tipo de iluminação do ambiente; e (15) satisfação em relação ao ruído proveniente de dentro e de fora do edifício, durante as aulas.

No formulário do pesquisador foram anotadas durante a pesquisa as variáveis ambientais medidas (temperatura e umidade relativa do ar e a temperatura de globo) no intervalo de tempo definido, além de observações relevantes como, por exemplo, condições do tempo externo, descrições da sala, entre outras.

Para medição *in loco* de temperatura interna e umidade interna utilizou-se sensores resistivos e capacitivos, respectivamente, e um termômetro de globo, fabricante ALMEMO, ligados a um sistema de aquisição de dados (ALMEMO..., 2003) e fixados em um suporte metálico, para medição em posições diferentes (ISO 7726:1996).

Nesta etapa caracteriza-se ainda o objeto de estudo, com a análise da cidade e das edificações utilizadas na pesquisa. A região em estudo, Ouro Preto, MG, Brasil, cidade na qual está inserida a Universidade Federal de Ouro Preto, aqui objeto de estudo, caracteriza-se por possuir o maior conjunto homogêneo de arquitetura barroca do Brasil. No auge do ciclo do ouro, no século XVII, foi construída por artistas e escravos, que dos modelos europeus criaram um estilo nacional. Com o declínio do garimpo, no final do século XVIII, a cidade viu sua intensa movimentação social reduzida à administração burocrática do estado. Se para a economia do município estas perdas foram enormes, seu patrimônio histórico agradece a distância da modernização a que a cidade ficou relegada. Desde 1980 é reconhecida internacionalmente como Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO (PATRIMÔNIO..., 2009).

Os edifícios pertencentes a UFOP escolhidos para a pesquisa sobre o conforto térmico nas salas de aula foram a Escola de Minas (EM) e o Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (ICEB), Figura 1.



(a) EM



(b) ICEB

Figura 1 – Edifício da Escola de Minas e sala de aula.

O atual prédio da Escola de Minas foi inaugurado em 1996 e construído em estrutura metálica (Figura 2). A edificação possui dois pavimentos e compreende dois blocos: o primeiro, com a portaria, salas administrativas, laboratórios e salas de estudo, e o segundo, com as salas de aula e uma biblioteca. Neste bloco das salas de aula, o fechamento externo é constituído por paredes de tijolo aparente até meia altura no primeiro pavimento e janelas de vidro do tipo máximo ar no restante do pé direito; no segundo pavimento, o fechamento é todo em esquadrias de alumínio e janelas de vidro cobertos por película *insulfilm* e com persianas, para diminuir a incidência solar. As divisórias entre as salas são em alvenaria rebocada.

Neste edifício são ministradas as aulas para os cursos de Arquitetura e Urbanismo e para as Engenharias Ambiental, Civil, de Controle e Automação, de Minas, de Produção, Geológica e Metalúrgica. Para este trabalho selecionou-se cinco salas de aula para as medições, nos dois pavimentos do prédio.

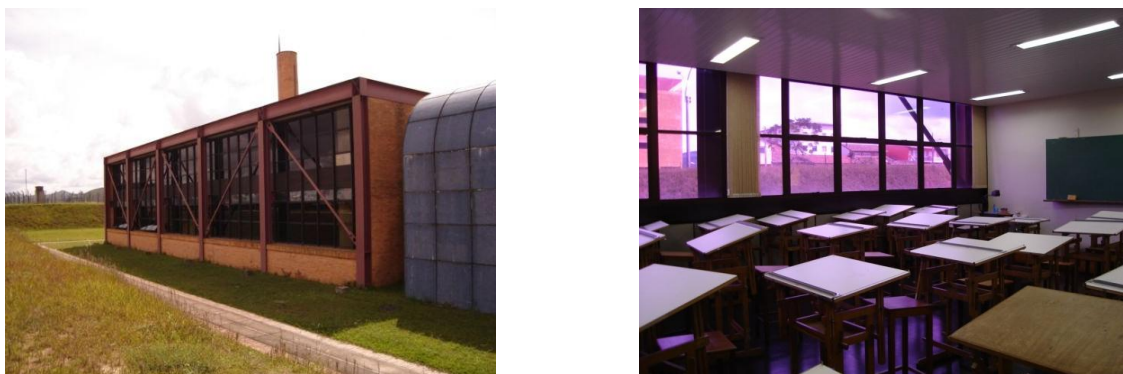


Figura 2 – Fachada do bloco de sala de aula da EM e sala de aula.

A outra edificação analisada foi o ICEB, inaugurada em 1982 e estruturada em concreto convencional (Figura 3). O prédio possui dois pavimentos e quatro blocos, sendo o primeiro bloco ocupado pela portaria, área administrativa e departamentos, e os demais blocos com as salas de aula, laboratórios, salas de professores e biblioteca. As paredes são em alvenaria, exteriormente revestidas por tijolos cerâmicos, e interiormente rebocadas com argamassa e pintadas. As janelas são do tipo máximo ar e ocupam toda a extensão da parede. Os vidros são cobertos por película *insulfilm* para diminuir a incidência solar.

O ICEB abriga os departamentos de Ciências Biológicas, Computação, Física, Matemática (juntamente com a Estatística) e Química, que também ministram as disciplinas do ciclo básico para os cursos de Engenharia, para as graduações de Farmácia, Nutrição, Medicina e Educação Física. Neste estudo, realizou-se medições em cinco salas de aula no primeiro pavimento e localizadas na parte central do primeiro bloco.



Figura 3 – Fachada oeste de um bloco do ICEB e sala de aula.

3.2 Pesquisa de campo (parte prática)

Os ensaios de campo foram realizados nos meses de junho, outubro e novembro de 2008, período escolhido em função da operacionalidade e da viabilidade da pesquisa, além da conformidade com o calendário escolar da UFOP, que estava defasado devido a greves anteriores. Os seguintes procedimentos foram adotados: (a) montagem dos sensores e do sistema de aquisição de dados na sala de aula e a aferição das temperaturas e umidade durante um período de 1 hora, medidas de 5 em 5 minutos; (b) explicação aos alunos os objetivos da pesquisa e distribuição dos formulários que eles iriam preencher de acordo com as suas sensações naquele instante; (c) recolhimento dos formulários e continuação da coleta dos dados até o final do período determinado, no caso, 1 hora (Figura 4).

A amostra utilizada foi de 570 indivíduos, aproximadamente 26% da população universitária total que frequenta as edificações no período diurno, tendo sido realizados no total 24 ensaios de campo com

aplicação do questionário e medição das temperaturas e umidade do ambiente. Destes ensaios, 11 foram realizados no ICEB e 13 na Escola de Minas.



Figura 4 – Procedimentos adotados nas salas de aula.

3.3 Análise e obtenção dos resultados

Esta fase consistiu em se fazer a contagem dos dados obtidos na aplicação dos questionários e a análise dos dados obtidos por meio das medições *in loco*. Posteriormente, essas informações foram analisadas estatisticamente gerando gráficos para seu melhor entendimento, possibilitando também o cruzamento das variáveis mais relevantes.

Para análises mais aprofundadas das correlações desenvolvidas neste trabalho, utilizou-se o método estatístico Probit. Uma análise Probit tem a característica de transformar a distribuição de proporções observadas de uma variável dependente em relação a uma determinada variável contínua, numa distribuição de probabilidade, cujo valor fica restrito entre 0 e 1. Essa transformação possibilita a interpretação da relação entre as variáveis e permite conhecer para um determinado nível de estímulo, qual a porcentagem de indivíduos que sentirão calor, conforto ou frio a partir de uma distribuição probabilística baseada nos dados obtidos em campo (FISHER; YATES, 1971; SCARE, 2003; GOUVÊA, 2004).

1. RESULTADOS

Na Figura 5 apresenta-se o histograma da frequência observada para a temperatura e a umidade internas medidas *in loco*. A normalidade é aceita ao nível de confiança de 95%. O uso do valor médio mostrou-se adequado. Apesar de grande parte das tomadas de temperatura ocorrer em épocas de calor em Ouro Preto (outubro e novembro), as condições climáticas, durante a pesquisa, estavam bem atípicas e registraram valores abaixo do esperado.

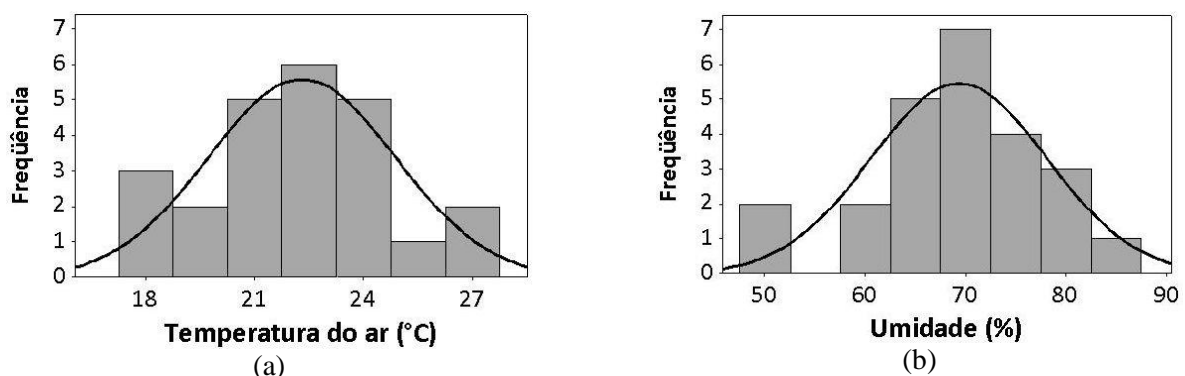


Figura 5. Histograma de frequência com curva normal da (a) Temperatura do ar e (b) da Umidade.

Para a análise dos dados obtidos por meio do questionário aplicado, dividiu-se a sensação térmica em uma escala de 7 pontos (ASHRAE 55: 2004), que representam muito frio (MF ou -3), frio (F ou -2), ligeiramente frio (LF ou -1), confortável (C ou 0), ligeiramente quente (LQ ou +1), quente (Q ou +2) e muito quente (MQ ou +3) e representam a sensação que os alunos estavam percebendo naquele momento.

Para a definição dos limites de conforto térmico para a população em estudo, procedeu-se a análise dos dados por meio da regressão probit. Combinando os votos dos usuários nos questionários quanto a sensação térmica MQ+Q+LQ+C e subtraindo da combinação MQ+Q+LQ, obtém-se a percentagem relativa ao grau de satisfação desconfortável devido ao calor, desconfortável devido ao frio e confortável, mostrada na Figura 6 (a). O máximo que a curva confortável alcança é a percentagem de pessoas satisfeitas, e subtraindo-se de 100 esse valor, obtém-se a percentagem de insatisfeitos, mostrada na Figura 6 (b).

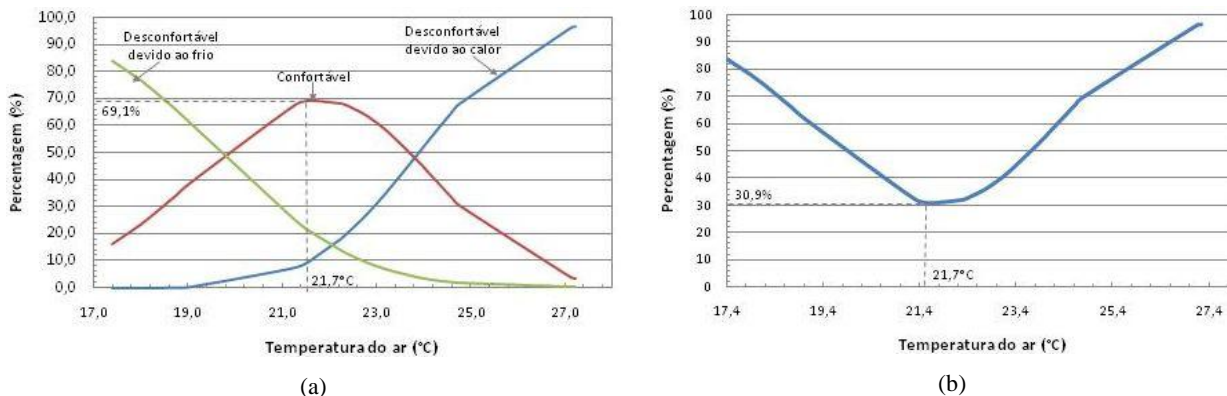


Figura 6. (a) Frequências e (b) percentagem de pessoas insatisfeitas estimadas em função da temperatura do ar.

De acordo com esta análise, observa-se que o máximo de pessoas satisfeitas para este estudo é de 69,1% e de insatisfeitos, 30,9%, ocorrendo na temperatura do ar de 21,7°C.

Analisando ainda os dados obtidos pela análise probit em relação aos graus de satisfação desconfortável devido ao frio (MQ+Q+LQ+C) e desconfortável devido ao calor (MQ+Q+LQ), têm-se as percentagens estimadas relativas a estas combinações de graus de conforto (Figura 7), em função das variáveis ambientais medidas *in loco* temperatura do ar e umidade.

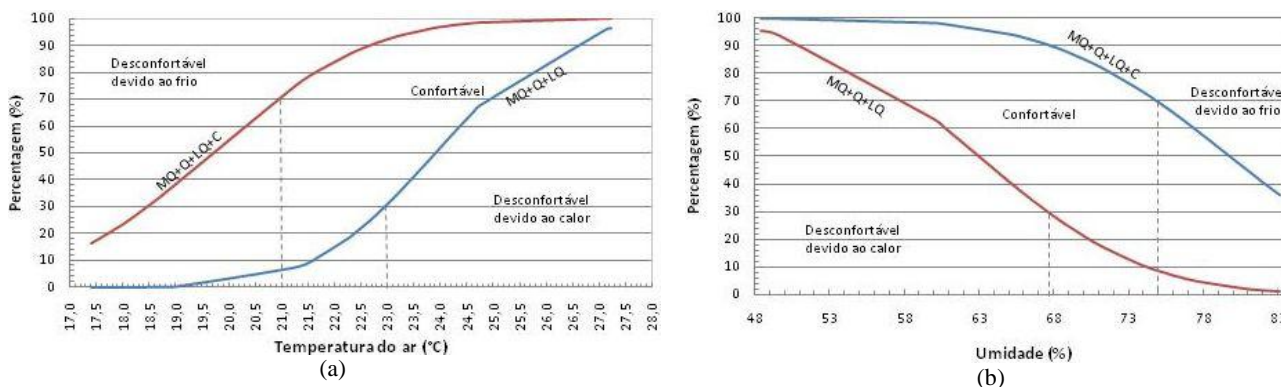


Figura 7 – Comportamento das curvas de percentagem estimadas relativas à combinação dos graus de conforto térmico em função da (a) temperatura do ar e (b) umidade.

Considerando os valores de pessoas satisfeitas e insatisfeitas (aproximadamente 70 e 30%) observado no gráfico mostrado na figura 6, pode-se obter o intervalo de conforto térmico das variáveis ambientais, temperatura do ar (entre 21°C e 23°C) e umidade (entre 68% e 75%). Estes intervalos podem ser melhores representados na carta psicrométrica para a cidade de Ouro Preto (Figura 8).

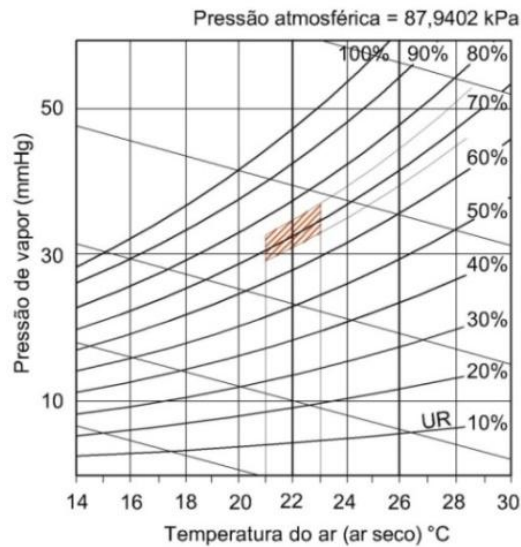


Figura 8. Diagrama com os parâmetros de conforto térmico dos dados experimentais levantados.

Estes limites de conforto também podem ser comparados aos índices e zonas de conforto proposto por diversos autores. Olgay (1963), baseando-se em informações fisiológicas, construiu a carta bioclimática determinando a zona de conforto em termos de temperatura de bulbo seco e umidade relativa. Na Figura 9 mostra-se a comparação dos limites de conforto para a população em estudo, obtidos neste trabalho, com os limites propostos por este autor.

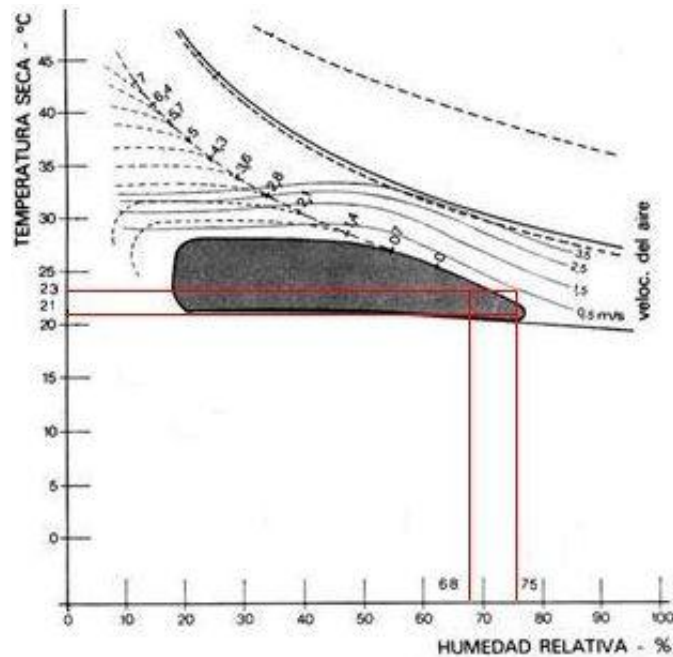


Figura 9 – Diagrama de Olyay de acordo com os limites de conforto da população em estudo.
Fonte: Adaptado de IZARD; GUYOT, 1980.

Pode-se observar tendo como base os limites de conforto das variáveis temperatura do ar (compreendida entre 21° e 23°C) e umidade (entre 68% e 75%), definidos pela pesquisa, que a zona de conforto delimitada conforme mostrado na Figura 9, encontra-se quase toda dentro dos limites propostos pelo estudo anteriormente mencionado, não sendo necessárias medidas corretivas.

Givoni (1992) propõe uma carta bioclimática com limites da Zona de Conforto ampliados para países de clima quente, e tem como parâmetros alguns estudos fisiológicos, além de algumas estratégias de controle. Pode-se também fazer uma comparação dos limites de conforto para a população em estudo, de

acordo com os dados obtidos no campo, com os limites propostos por Givoni (1992), Figura 10.

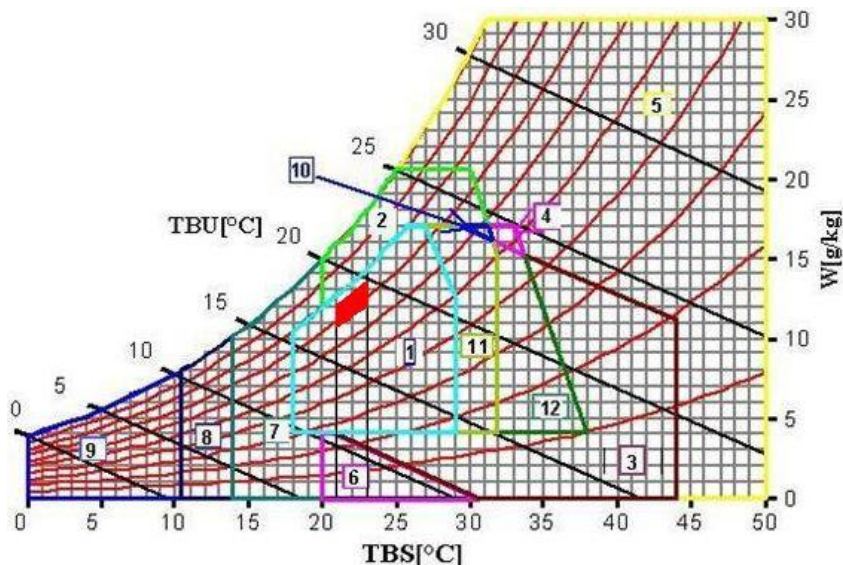


Figura 10 – Comparação do diagrama de Givoni com os limites de conforto obtidos.
Fonte: Adaptado de SCHUCH; LAMBERTS; DUTRA, 1996.

Com base nos limites de conforto das variáveis temperatura do ar (21° a 23°C) e umidade (68% a 75%), a área delimitada, mostrada na Figura 10, representa a zona de conforto encontrada para a região de estudo. Ela está dentro da zona de conforto proposta pelo autor (Zona de Conforto higrotérmico) e pode-se afirmar que, em princípio este instrumento de avaliação é aplicável para a população em estudo.

Prosseguindo com a comparação aos limites de conforto térmico, na Figura 11 mostra-se a comparação dos resultados obtidos neste trabalho para a população em estudo (área delimitada na Figura 11) com a zona de conforto proposta por Szokolay (1987).

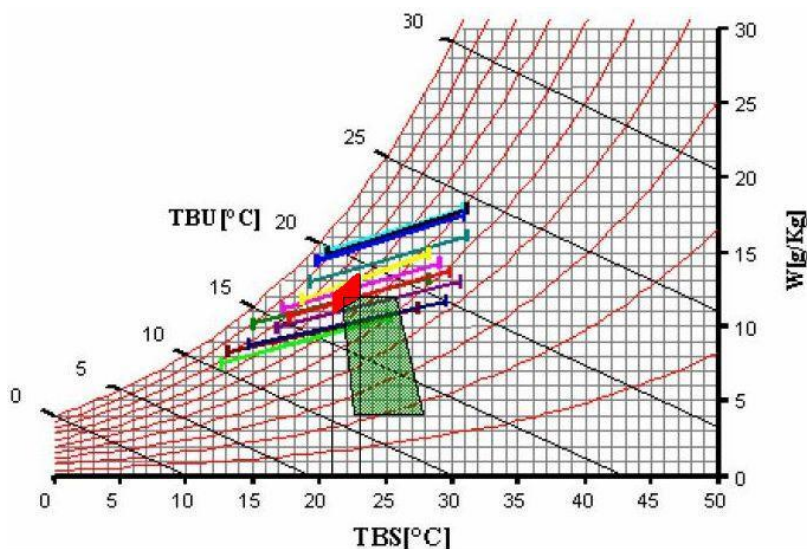


Figura 11 - Comparação dos limites de conforto obtidos com a zona de conforto de Szokolay.
Fonte: Adaptado de SHALDERS NETO, 2003.

Verifica-se que a maior parte da zona de conforto obtida (área delimitada menor) situa-se fora da zona de conforto original (área delimitada maior). Mesmo desconsiderando os limites de umidade relativa, a zona compreendida pelos limites da temperatura do ar coincide menos que 50%, fazendo com que a aplicabilidade para a situação em estudo desta proposta seja bem reduzida.

Dentre os modelos biofísicos, que combinam as variáveis fisiológicas e físicas envolvidas com o conforto térmico, o mais conhecido é o Voto Médio Estimado (PMV), desenvolvido por Fanger (1972) e

sugerido pela norma ISO 7730: 2006, que indica o valor médio dos votos de um grande grupo de pessoas sobre os 7 pontos da escala de sensação térmica, baseado no equilíbrio térmico do corpo humano (ASHRAE 55:2004). Os usuários das salas de aula, ao preencherem o questionário, respondiam qual sensação térmica estavam sentindo no momento, que equivale a esta escala de 7 pontos e também pode ser comparado ao índice de conforto proposto por Fanger (1972) (Figura 12).

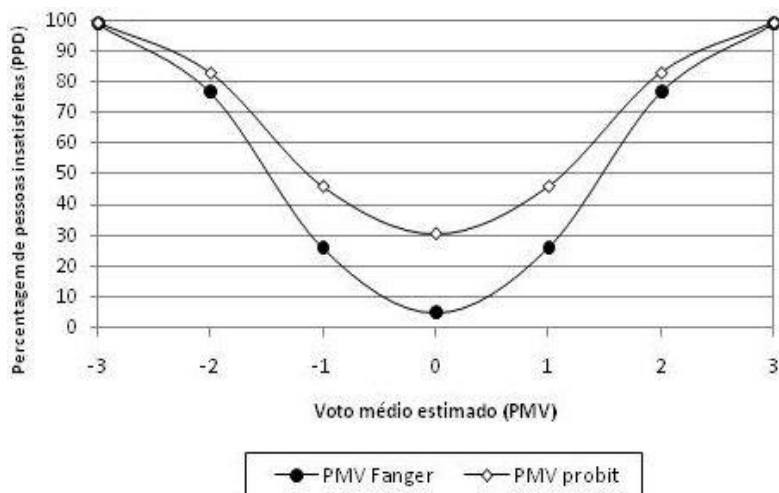


Figura 12 - Diagrama com a comparação do modelo de Fanger com os dados experimentais levantados.

Com base nesta comparação, a porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) no voto médio estimado (PMV) igual a zero tem valor de 30,9%, valor superior aos 5% de pessoas insatisfeitas nas condições confortáveis propostas por Fanger (1972), aos 10 % sugeridos pela norma ISO 7730:2006 e um pouco diferente aos 20% permitidos pela norma ASHRAE 55: 2004. Esta diferença pode ser explicada, pois, diferentemente dos dados experimentais de Fanger (1972), definidos por meio de sistemas ambientais controlados artificialmente, os dados neste trabalho foram levantados nas condições ambientais naturais considerando toda a não uniformidade térmica dos ambientes.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, utilizando-se a análise probit, onde se determinaram as probabilidades de ocorrência de calor, conforto e frio, foi possível identificar os limites de conforto, definido como a faixa correspondente entre a porcentagem de satisfeitos (70%) e insatisfeitos (30%). A temperatura do ar para a qual este fato ocorreu corresponde ao intervalo entre 21°C e 23°C, já em relação à umidade relativa do ar corresponde ao intervalo entre 68% e 75%, levando-se em consideração a época e o local da pesquisa.

Tendo em vista que o trabalho foi realizado em ambientes reais, onde as variáveis ambientais e pessoais, bem como a interpretação da escala de sensações por parte dos indivíduos questionados são fatores de difícil controle, podem ser encontradas divergências nos resultados.

Em relação à comparação com os índices de conforto proposto por outros autores e aqui comparados, pode-se afirmar que a zona de conforto encontrada nesta pesquisa está dentro dos limites das propostas, e suas sugestões podem ser aplicadas para a população em estudo. No entanto, as divergências devem ser consideradas, já que estas cartas foram feitas para outros locais ou em outras condições específicas.

Os dados coletados são particularmente valiosos devido às condições experimentais sob as quais os dados foram levantados, no entanto, sua aplicação prática é, de certa forma, limitada, já que são válidos somente para condições características sob as quais a experiência foi realizada, principalmente o período de tempo em que ocorreu a pesquisa.

2. REFERÊNCIAS

- ALMEMO Manual for all ALMEMO measuring instruments. 4th revised edition. Germany, 2003.
 ARAÚJO, V. M. D. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares**. Natal: EDUFRN, 2001.
 AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING. **Thermal**

- environmental conditions for human occupancy**. ANSI/ASHRAE 55:2004. Atlanta, 2004.
- FANGER, P. O. **Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering**. New York, McGraw-Hill Book Company, 1972.
- FISHER, R. A.; YATES, F. Tabelas estatísticas: para pesquisa em biologia, medicina e agricultura. Tradução de Salvator Licco Haim. São Paulo: Ed. Da Universidade de São Paulo e Ed. Polígono, 1971.
- GIVONI, B. *Man, climate and architecture*. Londres: Elsevier, 1976.
- GIVONI, B. Confort climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, v.18, p. 11-23, 1992.
- GONÇALVES, W. B. **Estudo de índices de conforto térmico, avaliados com base em população universitária na região metropolitana de Belo Horizonte**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.
- GOUVÊA, T. C. **Avaliação do conforto térmico: uma experiência na indústria da confecção**. 2004. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- GRAÇA, V.; KOWALTOWSKI, D.; PETRECHE, J. An evaluation method for school building design at the preliminary phase with optimisation for aspects of environmental comfort for the school system of the State of São Paulo in Brazil. **Building and Environment**, v. 42, p. 984-999, 2006.
- HUMPHREYS, M. A. Study of the thermal comfort of primary school children in summer. **Building and Environment**, v.12, p. 231-239, 2003.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria** - ISO 7730:2006. Germany, 2006.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Thermal environments instruments and methods for measuring physical quantities**. ISO 7726:1996. Genebre, 1996.
- IZARD, J.; GUYOT, A. **Arquitetura Bioclimática**. Barcelona: Gustavo Gili, 1980.
- KRÜGER, E. L.; ZANNIN, P. H. Acoustic, Thermal and Luminous Comfort in Classrooms. **Building and Environment**, v. 39, p. 1055-1063, 2004.
- MYSEN, M. et al. Evaluation of simplified ventilation system with direct air supply through the façade in a school in a cold climate. **Energy and Buildings**, v. 37, p. 157-166, 2004.
- OLGYAY, V. **Design with climate**. New Jersey: Princeton University, 1963.
- PATRIMÔNIO. Disponível em < <http://www.ouropreto.com.br/acidade/patrimonio.php>>. Acesso em: 13 fev. 2009.
- PASQUOTTO, G. B.; SALCEDO, R. F. B.; FONTES, M. S. G. C. **Conforto térmico em ambientes escolares nos períodos de verão e inverno: uma análise qualitativa e quantitativa do Centro de Convivência Infantil da UNESP – Bauru**. In: IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 9, 2007, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto, 2007, p. 1376-1384.
- SCARE, R. F. **Escassez de água e mudança institucional: análise da regulação dos recursos hídricos no Brasil**. 2003. Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- SCHUCH, L. M. S.; LAMBERTS, R.; DUTRA, M. **ANALYSIS 1.5**. Florianópolis: UFSC, 1996. Disponível em < <http://www.npc.ufsc.br>>. Acesso em: 7 abr. 2008.
- SHALDERS NETO, A. **Regulamentação de desempenho térmico e energético de edificações**. 2003. Dissertação (Mestrado em Energia) Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- SZOKOLAY, S. V. **Thermal Design of Buildings**. Australia: Raia Education Division, 1987.
- XAVIER, A. A. P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio da FAPEMIG e da Fundação Gorceix a este trabalho.