

PREDIÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO EM CLIMAS TROPICAIS COM REGIONALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE NORMAS INTERNACIONAIS

Fernando Gustavo Alencar de Albuquerque Lins

fernandogustavo@uol.com.br

Eng° Mecânico e de Segurança do Trabalho

Mestre em Engenharia de Produção

Professor do CEFET-AL

Resumo: A adoção de normas internacionais indiscriminadamente para predição de conforto térmico pode sofrer correção em função de valores climáticos pontuais da região e da aclimatação do grupo analisado. Diversas experiências inferem a necessidade de adoção de fatores de correção, especialmente em climas tropicais, quando os valores obtidos de conforto térmico ultrapassam sobremaneira os preditos pelas normas internacionais, especialmente o da ISO 7730/94.

Palavras chaves: conforto térmico, produtividade, ISO 7730/94

1 Uma discussão inicial sobre o foco do estudo

O Brasil é um país com dimensões continentais e seu território possui uma grande variabilidade térmica. Dos pampas gaúchos, com seus climas amenos, ao sertão nordestino, com sua aridez intrínseca, o clima admite variações imensas.

Especificamente no Nordeste do Brasil, o clima apresenta altas temperaturas que ultrapassam valores de 35 °C. A radiação solar também não é diminuta, com patamares oscilando na ordem de 8 kwh/m².

No sítio eletrônico do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (www.inmet.gov.br) encontram-se dados sobre as variações da temperatura em diversas regiões do Brasil.

Pode ser observado que o estado de Alagoas está inserido na faixa do país cujas temperaturas médias oscilam entre 24 e 27 °C. Registra-se ainda a elevada umidade relativa do ar.

Entretanto, o valor mínimo avaliado da umidade relativa do ar é de aproximadamente 73 % (setenta e três por cento) sendo superior ao preconizados como possivelmente confortáveis pela *American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers - ASHRAE*.

Mas, evidentemente, esta incompatibilidade com os padrões ditos como confortáveis pelas normas internacionais não impede a existência do conforto térmico nas temperaturas existentes no estado. Entretanto, até as próprias escalas de análise das referidas normas, especialmente a ISO 7730/94, são limitadas nas aplicações e discussões efetuadas sob tais circunstâncias climáticas.

A referida norma parte da análise de sensações térmicas de um grupo de alunos dinamarqueses e americanos, complementadas com pesquisas japonesas, que submetidos a variações dos parâmetros ambientais dentro de câmaras climáticas específicas, respondiam a questionários que objetivavam anotar os votos declarados.

Mas existem algumas considerações a respeito da metodologia de coleta de dados realizada pelos pesquisadores que propuseram este sistema de predição de conforto térmico, que necessitam ser observadas:

- a) o percentual de influência da umidade no conforto térmico pode ser estatisticamente diferente no Nordeste do Brasil, que nos estudos realizados nos Estados Unidos e na Dinamarca;
- b) a utilização de voluntários não treinados para as declarações de votos podem apresentar diferenças significativas em relação aos estudos efetuados inicialmente, visto que nas experiências internacionais, existia o pagamento de uma compensação financeira aos participantes dos experimentos;
- c) a coleta de dados com um universo que possua uma maior amplitude etária pode representar mais significativamente a predição do conforto térmico;
- d) a coleta de dados em diferentes épocas do ano, com uma variação na carga térmica natural do ambiente e modificação elevada na umidade relativa do ar pode apresentar modificações no perfil dos votos declarados;
- e) durante a execução dos experimentos iniciais de Nevis (1996), que deram origem às pesquisas de Fanger, os entrevistados permaneciam sentados, lendo, estudando ou jogando cartas. Segundo as considerações de Wyon (1975), o esforço mental pode alterar o metabolismo estimado para uma atividade sedentária, o que imediatamente modificaria a curvatura do gráfico PMV/PPD.

Como se pode observar, diversos fatores apontados por pesquisas anteriores indicam que o sistema proposto por Fanger está sujeito a modificações e possíveis correções.

O ineditismo da pesquisa reside na busca de um modelo complementar à Norma ISO 7730/94, que possa incluir a possibilidade de predição de conforto térmico em zonas

climáticas tropicais, de alta incidência solar como a região ora analisada, ou até mesmo apresentar fatores de correção em virtude da análise da aclimação, como pressuposto para a modificação da resistência humana às variações de temperatura.

Devem ser ressaltadas algumas características que existiram nas pesquisas efetuadas e que serão modificadas no presente estudo:

- a) O percentual de influência da umidade do conforto térmico pode ser estatisticamente diferente no nordeste do Brasil, que nos estudos realizado nos Estados Unidos e na Dinamarca: a aclimação a patamares superiores de umidade relativa do ar pode proporcionar modificações significativas nas sensações térmicas. Uma umidade relativa do ar dificulta a dissipação de calor nos casos de exposição demorada à essa situação e proporciona modificação quando os votos são coletados logo após a entrada em um ambiente com alta umidade relativa;
- b) A utilização de voluntários não treinados para as declarações de votos pode apresentar variações em relação aos estudos efetuados por Fanger, tendo em vista que nas experiências internacionais existia o pagamento de uma compensação financeira aos participantes dos experimentos;
- c) A coleta de dados com um universo que possua maior amplitude etária pode apresentar variações em relação ao estudo de Nevis;
- d) A coleta de dados em diferentes épocas do ano, com uma variação na carga térmica natural do ambiente e modificação elevada na umidade relativa do ar pode apresentar modificações no perfil dos votos declarados;
- e) Durante a execução dos experimentos iniciais de Nevis, que deram origem às pesquisas de Fanger, os entrevistados permaneciam sentados, lendo, estudando ou jogando cartas. Segundo as considerações de Wyon (1975), o esforço mental pode alterar o metabolismo estimado para uma atividade sedentária, o que imediatamente modificaria a curvatura do gráfico PMV/PPD;

Durante os experimentos de Nevis, os entrevistados permaneciam na câmara climática durante três horas, e somente na última metade desse período é que os votos eram computados. Outrossim, também não foi considerado, tanto nos experimentos de Nevis quanto nos de Fanger, a influência da aclimação ao próprio ambiente, tendo em vista que na região dos Estados Unidos que foram realizados os experimentos iniciais, e na Dinamarca, os participantes não estariam aclimatados às temperaturas tropicais.

Na análise dos votos declarados, Fanger buscou um modelo matemático que representasse os votos obtidos. Entretanto, partiu da interpretação de delimitação pessoal das faixas preditas como confortáveis para obter-se a simetria dos votos.

Essa simetria pode ser questionada se for observada a influência da aclimação da população. Um grupo de pessoas que esteja aclimatado a uma temperatura elevada pode sentir um certo desconforto térmico em uma região cujas temperaturas sejam muito frias, em determinada proporção da variação da temperatura.

Mas o mesmo grupo que habita em uma região fria, obedecendo a esta mesma variação da temperatura, pode não apresentar a mesma indicação de intensidade de desconforto térmico. Ou seja, a simetria de conforto em relação a uma temperatura otimizada pode apresentar desvios em função da aclimação da população.

2. As avaliações internacionais

A adoção, sem restrições de parâmetros de conforto térmico indicados por normas internacionais pode proporcionar variações significativas nos índices de aceitabilidade de um grupo de pessoas, quando se objetiva o estabelecimento de padrões de conforto térmico.

Wong e Khoo publicaram em 2002, uma análise de salas de aula com ventiladores em Singapura, observando que a faixa de temperatura aceitável para os alunos entrevistados foi de 27,1 a 29,3 °C, valores esses incompatíveis com a zona de conforto ditada pela norma ASHRAE 55.

Esse artigo, intitulado '*Thermal comfort in classrooms in the tropics*' e inserido na revista *Energy and Buildings*, descreve que a temperatura de neutralidade térmica encontrada foi de 28,8 °C, similar às pesquisas realizadas Kwok no Havaí, e publicadas em 1998 pela *ASHRAE Transactions*.

Lins, em sua dissertação de mestrado apresentada no ano de 2002, observou que um grupo de alunos apresentou neutralidade térmica na temperatura de 26,5 °C, em experiências realizadas no nordeste do Brasil.

Os valores encontrados são similares aos apresentados por Jitkhajornwanich e Pitts, no artigo intitulado '*Interpretation of thermal responses of four subject groups in transitional spaces of buildings in Bangkok*' e publicado neste mesmo ano no periódico *Building and Environment*, com pessoas entrevistadas em ambientes externos e internos, concluindo que a neutralidade térmica ocorreu na faixa de 26,1 a 27,6 °C, com uma média de 27,1 °C, para os grupos analisados em Bangkok, na Tailândia.

Nenhum dos experimentos citados anteriormente concordaram com os valores preditos como ‘confortáveis’, segundo os padrões das normas ISO.

Olesen (1995) contrapõe afirmando que para atividades cuja taxa metabólica estejam em torno de 1,2 met (70 w/m²) a temperatura operativa para conforto térmico no verão é de 24,5 °C (mínimo de 22,0 e máximo de 27 °C) e para o inverno é de 22,0 °C (mínimo de 19,0 e máximo de 25 °C).

Segundo as considerações apresentadas por Fanger (op. cit., p. 14), a neutralidade térmica de uma pessoa é definida como a condição em que ela não prefere estar nem em um local mais aquecido, nem refrigerado.

A neutralidade térmica é uma condição para o conforto térmico, mas não a única. Fatores psicológicos, vestimenta, mobiliário, dentre outras variáveis, podem modificar integralmente as respostas e sensações térmicas de possíveis entrevistados.

A ASHRAE, através da norma 55, apresenta a seguinte definição para o que venha a ser conforto térmico: **‘Conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente.’**

Nesta definição, insere-se duas colocações. A primeira diz respeito ao termo ‘condição da mente’.

A prioridade, portanto, é a condição psicológica como ponto de partida de análise, pois se pressupõe que um indivíduo ou grupo analisado, caso esteja em situações psicológicas desfavoráveis, irá sentir desconforto térmico mesmo em um ambiente teoricamente satisfatório.

Entretanto, o termo ‘condição da mente’ pode ser questionado ou analisado sobre a ótica da ‘condição do corpo’. Luna e Silva (2002) em seu artigo intitulado “O conforto ambiental e a motivação: implicações no desempenho de alunos em ambientes climatizados”, relataram pesquisas desenvolvidas que indicaram que “a produtividade foi maior e a fadiga desenvolveu-se mais lentamente, em ambiente frio do que em ambientes quentes”.

Esta afirmação é baseada, possivelmente, nas características homotérmicas que o ser humano possui, pois ao “tentar ou se adaptar às temperaturas variadas no seu habitat, altera não só o seu metabolismo, mas também o seu rendimento físico, psicológico e mental.”, segundo Lins (op. cit.). Portanto, é plausível a análise da inserção do termo ‘condição do corpo e da mente’, ao invés da restrição inicialmente ditada pela referida Norma ISO.

3 A análise dos dados a serem obtidos – resultados esperados

Os tratamentos estatísticos a serem efetuados objetivarão a análise dos dados obtidos, através de:

- a) eliminação de respostas espúrias;
- b) testes de representatividade da amostra;
- c) teste de aderência dos dados;
- d) testes de verificação da influência entre as variáveis analisadas;
- d) análise de regressão pertinente ao modelo encontrado.

Após o tratamento dos dados coletados, serão elaborados gráficos, quadros e tabelas que compreendam:

- a) PMV vs. PPD, (de acordo com a ISO 7730/94);
- b) PMV vs. PPD do grupo analisado (valores declarados);
- c) PMV (declarado) vs. PMV calculado (de acordo com a ISO 7730/94);
- d) Zonas de conforto térmico em função das normas ISO aplicáveis;
- e) Zonas de conforto térmico em função dos dados obtidos;
- f) Tempo de preenchimento do formulário vs. Temperatura ambiental;
- g) Zonas de satisfação em função da temperatura ambiental e suas variações com relação a cada um dos parâmetros obtidos (temperatura do ar, temperatura radiante e umidade relativa do ar).

Para uma análise mais precisa das respostas da população, haverá separação e análise dos dados obtidos levando-se em conta o sexo, a faixa etária, o turno da medição, o nível de stress e o grau de instrução dos entrevistados.

Admite-se como resultado esperado uma necessidade da regionalização e modificação dos estudos efetuados por Fanger, ressaltando a modificação na metodologia de coleta de dados que será realizado de forma diferenciada.

No tocante à análise do modelo PMV/PPD, espera-se que possa haver modificação na referida equação, ao se analisar de maneira reversa, a sua composição.

4. Características da pesquisa

4.1 Objetivos Gerais

- a) Analisar a predição de conforto térmico pelo método de Fanger, dicotomizando cada parte da equação do modelo PMV/PPD;
- b) Analisar a aplicabilidade e possíveis restrições da Norma ISO 7730/94 para o grupo e região analisada;
- c) Propor uma adaptação dos estudos realizados por Fanger ao grupo analisado.

4.2 Objetivos específicos

- a) Como parte dos pressupostos iniciais, objetiva-se a formação de um banco de dados sobre as sensações e preferências térmicas de um grupo significativo de pessoas residentes em Maceió;
- b) Fornecer uma metodologia de análise para a predição de conforto térmico em ambientes internos, climatizados ou não, em climas tropicais.

4.3 Hipóteses

4.3.1 Gerais

A hipótese geral do presente estudo baseia-se na premissa de que os estudos de Fanger e seu modelo teórico necessitam de adaptação para o clima da região analisada.

4.3.2 Do trabalho

- a) A norma ISO 7730/94 necessita de adaptações para um aperfeiçoamento do registro de sensações térmicas em climas tropicais;
- b) Existem diferenças significativas entre as zonas de conforto preconizadas pelas normas internacionais e as observadas através dos votos de sensações térmicas.

4.4 Importância do tema

Os temas e atividades propostos pelo presente estudo incorporam a temática da discussão da necessidade de aperfeiçoamento de análises térmicas, apresentam questões relativas á correlação entre produtividade e condições termoambientais e preenchem uma lacuna bibliográfica ao discutir as limitações do modelo PMV/PPD e sua implicação na predição de conforto térmico para regiões de clima tropical, gerando assim um banco de dados de sensações térmicas.

Os aspectos comparativos a serem realizados entre a Norma ISO 7730/94 e as respostas a serem obtidas nas entrevistas, podem vir a nortear a adaptação da aplicabilidade da referida norma para a região nordeste do Brasil.

A metodologia a ser empregada, observando-se uma inserção de variável (tempo de preenchimento dos formulários) apresenta-se como uma ótica diferenciada de análise de sensações térmicas, podendo alavancar estudos que modifiquem a própria forma de aplicação de questionários.

Referências bibliográficas

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Fundamentals Handbook**: Chapter 8 – Thermal Comfort. Atlanta: ASHRAE, 1997. 28 p.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Proposed Revision to American National Standard. First Public Review Draft. ASHRAE, 2001. 66 p.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort**. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970. 243 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 7730**: Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva, 1994. 31 p.

JITKHAJORNWANICH, Kitchai; PITTS, Adrian C. **Interpretation of thermal responses of four subject groups in transitional spaces of buildings in Bangkok**. Building and Environment, 2002. v. 37, p. 1193-1204.

LINS, Fernando Gustavo A. de A. **Contribuição ao estudo da variação da produtividade em função das condições termoambientais**: estudo de caso no CEFET-AL. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção). João Pessoa: PPGEP – UFPB, 2002. 97 p.

LUNA, Cristiana C. de M. L.; SILVA, Luiz B. **O conforto ambiental e a motivação: implicações no desempenho de alunos em ambientes climatizados**. VI Congresso Latino Americano de Ergonomia. Recife: ABERGO, 2002. 4 p.

NEVIS, Ralph G. **Criteria for Thermal Comfort**. Building Research, 1966. p. 27-30.

OLESEN, Bjarne W. **International standards and the ergonomics of the thermal environment**. Applied Ergonomics, 1995. v. 26, nº 4, p. 293-302.

WONG, Nyuk H.; KHOO, Shan S. **Thermal Comfort in classrooms in the tropics**. Energy and Buildings, 2002. v. 1, p. 1-15.

WYON, David. **The mental performance of subjects clothed for comfort o two different air temperatures**. Ergonomics, 1975. v. 18, p. 4.