

IDENTIFICAÇÃO DA SENSAÇÃO E PREFERÊNCIA TÉRMICA EM AMBIENTES INDUSTRIAIS E COMPARAÇÃO COM MÉTODO PMV/PPD

Eder Ricardo Voltani⁽¹⁾; Lucila Chebel Labaki⁽²⁾

(1) UNICAMP. e-mail: edervoltani@gmail.com

(2) UNICAMP. e-mail: lucila@fec.unicamp.br

Resumo

O objetivo deste artigo é apresentar a temperatura de neutralidade, a porcentagem de pessoas em conforto e desconforto térmico da população pesquisada em ambientes reais de trabalho e comparar com os valores recomendados pelo método Predicted Mean Vote – PMV e Predicted Percentage of Dissatisfied – PPD. Esta pesquisa foi desenvolvida em sete indústrias de calçado feminino localizadas na região do município de Jaú – SP. Como metodologia, foram obtidas as variáveis ambientais, tais como, temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa e velocidade relativa do ar seguindo as recomendações da norma ISO 7726 (1998) e as variáveis pessoais, tais como, valor estimado do metabolismo e isolamento térmico da vestimenta seguindo as recomendações e tabelas das normas ISO 8996 (1990) e ISO 9920 (1995) respectivamente. Paralelamente, foi aplicado um questionário sobre a sensação e preferência térmica das pessoas pesquisadas. As medições foram realizadas durante o período de verão e inverno, sendo que, no inverno foram obtidos 790 conjuntos de dados e 159 no verão. Através do cálculo de regressão Probit foi possível obter a temperatura de neutralidade térmica da população com 1,4 met, sendo que para o inverno foi obtido o valor de 22,4 °C, com 90,3% da população em conforto térmico e 9,7% em desconforto térmico e por meio da comparação dos resultados do cálculo sugerido pela norma internacional ISO 7730 a temperatura de neutralidade para estas condições seria 0,7 °C mais baixo, já no verão a temperatura de neutralidade térmica foi de 25,5 °C com 86,7% da população em conforto térmico e 13,3% em desconforto térmico, por meio da comparação com os resultados da norma ISO 7730 a temperatura de neutralidade seria 0,5°C mais baixo.

Palavras-chave: Conforto Térmico, Sensação Térmica e Ambiente Industrial.

Abstract

The aim of this paper is to present the thermal neutrality, the percentage of people in comfort and thermal discomfort of people studied in real working environments and to compare with values recommended by the method Predicted Mean Vote – PMV e Predicted Percentage of Dissatisfied – PPD. This research was carried out in seven female shoe-making industries in the region of Jaú, State of São Paulo. The adopted methodology was defined as follows: data collecting of air temperature, relative humidity, the relative air velocity, and mean radiant temperature, according to the recommendations of ISO 7726 (1998). The clothing insulation and the metabolic rates were estimated by means of the referential value tables in ISO 9920 (1995) and ISO 8996 (1990), respectively. Questionnaires were applied among the workers with questions involving the personnel vote for the Thermal Sensation and Preferences. Measurements were made during the summer and winter, in winter were obtained 790 datasets and 159 in summer. By running the analyses of Probit was possible to obtain the temperature of neutrality of people with 1,4 met, being that for winter was obtained the values 22,4 °C, with 90,3% of population in thermal comfort and 9,7% in thermal discomfort and through of comparison of results of calculating suggest by international standard ISO 7730 the temperature of neutrality to such conditions would be 0,7 °C lower, then in summer the temperature of neutrality was 25,5 °C with 86,7% of population in thermal comfort and

13,3% in thermal discomfort through of comparison of results of international standard the neutrality temperature would be 0,5 lower.

Keywords: Thermal Comfort, Thermal Sensation, Industrial Environments.

1. INTRODUÇÃO

Através de uma extensa pesquisa, com aproximadamente 1300 pessoas norte americanas e européias em câmaras climatizadas, Fanger (1970) apresentou um avanço significativo nas pesquisas de conforto térmico. Pois, por meio dos resultados desta pesquisa ele estabeleceu os métodos do Predicted Mean Vote – PMV (Voto Médio Estimado – VME) e Predicted Percentage of Dissatisfied – PPD (Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI).

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 assunto. Para isso, diversos trabalhos foram analisados para adicionar e complementar as informações contidas nesta norma, tais como: McNall e Biddison (1970): Conforto e sensação térmica em pessoas com atividades sedentárias expostas a radiação assimétrica; Fanger et al. (1974): O efeito do conforto nos homens em condições de fluxo uniforme de ventilações oriundas de diversas direções; 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; McIntyre (1978): Preferência da velocidade do ar para condições de altas temperaturas; Berglund (1979): Aceitabilidade térmica; Fanger et al. (1980): Os limites do conforto nas condições com teto aquecido; 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; Fanger e Christensen (1986): Percepção do draught em ambientes ventilados; Jones, Hsieh e Hashinaga (1986): O efeito da velocidade do ar no conforto térmico para condições de atividades moderadas; Berglund e Fobelets (1987): Respostas subjetivas das pessoas expostas a ambientes com suaves correntes de ar e radiação assimétrica; Scheatzle, Wu e Yellott (1989): Estendendo o conforto de verão com ventiladores de teto em clima árido; Fountain et al. (1994) Velocidade do ar controlada para ambientes isotermicamente quentes; Tanabe e Kimura (1994): Efeito da temperatura do ar, umidade e velocidade do ar no conforto térmico para ambientes quentes e úmidos; Berglund (1998): Conforto e umidade; de Dear e Brager (1998): Desenvolvimento do modelo adaptativo do conforto e preferência térmica; Brager e de Dear (2000): Os padrões para ventilação natural; Humphreys e Hancock (2007) As pessoas gostam da neutralidade? Explorando as variações da escala ASHRAE para sensações térmicas; Halawa e Hoof (2012) A aproximação adaptativa para conforto térmico: Uma visão crítica.

Portanto é possível perceber que diversas pesquisas sobre conforto térmico, principalmente com diferentes condições ambientais e regiões climáticas, foram e estão sendo realizadas para aperfeiçoar e aumentar o conhecimento sobre este assunto.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar a temperatura de neutralidade, a porcentagem de pessoas em conforto e desconforto térmico da população pesquisada em ambientes reais de trabalho e comparar com os valores recomendados pelo método adotado em uma norma internacional.

3. MÉTODO

Esta pesquisa foi desenvolvida em sete indústrias de calçado feminino localizadas na região do município de Jaú – SP. Conforme os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade de Jaú tem por volta de 125.469 habitantes, está localizado na região central do Estado de São Paulo, a 310 Km da cidade de São Paulo – SP. Suas coordenadas geográficas são 22° 18" Latitude Sul e 48° 62" Longitude Oeste e por volta de 495 metros de Altitude. A temperatura média é de 23,5°C no verão e 17,3°C no inverno. Jaú é considerada a Capital do Calçado Feminino.

Foram registradas as imagens e as dimensões das indústrias de forma a caracterizar o local. Após quantificar as dimensões dos edifícios, foi possível elaborar croquis das indústrias e caracterizar os edifícios para planejar as escolhas dos pontos de medição de acordo com as condições específicas de cada ambiente. Por meio da análise das imagens e observação no local foi possível caracterizar o modelo arquitetônico de cada indústria, verificando-se que todos os galpões são de estrutura de concreto armado com fechamento em alvenaria convencional e cobertura metálica. Também foram observados sistemas de ventilação natural, ventilação forçada por meio de ventiladores de parede ou exaustor eólico e sistema de resfriamento evaporativo. A Tabela 1 apresenta os sistemas de ventilação encontrados em cada empresa.

Tabela 1 – Sistemas de Ventilação em cada empresa

INDÚSTRIAS	VENTILAÇÃO NATURAL	VENTILADOR DE PAREDE	EXAUSTÃO EOLICA	RESFRIAMENTO EVAPORATIVO
A	X			
B	X	X		
C		X		
D		X	X	
E			X	X
F		X		
G		X		

Os dados foram obtidos por meio de medições realizadas durante o período de 11 a 18 de janeiro de 2007, de 17 de julho a 02 de agosto de 2007 e 15 a 25 de janeiro de 2008. No inverno foram obtidos 790 conjuntos de dados e, em função de problemas na autorização do acesso em algumas empresas, no verão foram obtidos 159.

Para obter as variáveis pessoais foram aplicados os questionários, juntamente com as medições das variáveis ambientais, e dessa maneira foi possível registrar as informações sociodemográficas como idade, altura, sexo, peso, vestimenta e atividades exercidas naquele momento. Assim como, os votos de sensação térmica que foram anotados com escala descritiva de sete pontos, conforme recomendado pela ISO 7730 (2005). Contudo, os valores conferidos para taxa metabólica e isolamento térmico da vestimenta foram estimados por meio das tabelas localizadas na ISO 8996 (1990) e ISO 9920 (1995), respectivamente.

Tabela 2 – Caracterização da população pesquisada

Empresa	A	B	C	D	E	F	G	Todas
Tamanho da Amostra	254	190	140	131	118	44	72	949
Idade (anos)								
média	32,53	29,94	28,83	28,93	24,96	30,41	23,46	29,24
desvio padrão	7,85	10,99	8,27	7,1	7,14	8,34	5,13	8,84
mínimo	18,00	16,00	17,00	16,00	16,00	17,00	16,00	16,00
máximo	52,00	54,00	56,00	45,00	46,00	48,00	34,00	56,00
Altura (m)								
média	1,70	1,65	1,68	1,71	1,66	1,65	1,69	1,68
desvio padrão	0,09	0,09	0,07	0,09	0,08	0,07	0,08	0,09
mínimo	1,45	1,49	1,52	1,52	1,54	1,52	1,55	1,45
máximo	1,90	2,00	1,88	1,95	1,81	1,76	1,85	2,00
Peso (°C)								
média	74,60	59,86	67,96	73,43	64,07	70,82	65,86	68,40
desvio padrão	15,71	10,44	12,43	12,42	15,45	16,63	13,97	14,81
mínimo	42,00	42,00	47,00	50,00	43,00	45,00	44,00	42,00
máximo	120,0	96,00	107,0	99,00	108,0	110,0	95,00	120,00

Conforme os dados coletados, 52,6% da população avaliada são do sexo feminino, 47,4% do sexo masculino, a idade média obtida foi de 29,2 anos (desvio padrão = 8,84), altura média 1,68 m (desvio padrão = 0,09) e massa corporal média de 68,4 Kg (desvio padrão = 14,8) como mostra a Tabela 2.

Foram realizadas filmagens e a observação do ciclo de trabalho durante o período mínimo de uma hora, conforme recomendações da ISO 8996 (1990). Dessa forma, foi possível encontrar seis categorias profissionais comuns a essas indústrias: Cortador (manual ou mecânico), Preparador, Pespontador, Auxiliar de Montagem, Montador e Embalador. Cada atividade foi analisada individualmente, a partir da decomposição dos movimentos para sua execução e dessa forma foram considerados os seguintes valores de taxa de metabolismo, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Determinação do metabolismo para diversas atividades

Atividades	Basal + Postura do Corpo + Tipo de Tarefa	Resultado
Cortador (Manual ou mecânico)	Em pé/Trab. mod. com 1 braço	120 W/m ² ou \pm 2 met
Preparador	Sentado/Trab. leve com 1 braço	82 W/m ² ou \pm 1,4 met
Pespontador	Sentado/Trab. leve com 2 braços	109 W/m ² ou \pm 1,8 met
Aux. Montador	Em pé/Trab. leve com 1 mão	84 W/m ² ou \pm 1,4 met
Montador	Sentado/Trab. leve com 2 braços	119 W/m ² ou \pm 2 met
Embalador	Em pé/Trab. leve com 1 mão	84 W/m ² ou \pm 1,4 met

Entre as atividades encontradas no processo de fabricação de calçado foi possível perceber que a de preparador tem a maior porcentagem 33%, seguido de auxiliar de montagem 27%, cortador 14%, pespontador 13%, montador 8%, e embalador 5%, com a menor porcentagem.

Ao agrupar as taxas metabólicas de mesmo valor observa-se que a maioria da população estudada exercia uma atividade com taxa metabólica de 1,4 met (93,2 W/m²). Foram encontrados taxa de metabolismo de 1,2 met, pois no momento da coleta, algumas pessoas desenvolviam atividades leves devido a pouca produção.

Neste trabalho, foram realizadas medições da temperatura do ar e do globo com o registrador de temperatura da marca Testo de modelo 175 – T2 que possui sensor interno e entrada para sensor externo (Figura 1), com escala de medição entre -35 °C e 70 °C, precisão de \pm 0,5 °C.

Para obter a temperatura de globo foi utilizado um sensor de temperatura da marca Testo inserido no interior de uma esfera oca de cobre, este sensor estava conectado no registrador de modelo 175 – 72 (Figura 2). O registrador de temperatura e umidade da marca Testo modelo 175 – H1 (Figura 3) foi utilizado para obter a umidade relativa, com escala de medição entre 0 % e 100 % de umidade e precisão de \pm 3 %.

Para mensurar a velocidade do ar foi utilizado o sensor de esfera quente de 3 milímetros da marca Testo modelo 0635 1549, o qual tem escala de medição entre 0 m/s e 10 m/s, conectado no registrador multi-função da marca Testo modelo 445 (Figura 4).



Figura 1 – Registrador de temperatura Testo modelo 175-72



Figura 2 – Sensor de temperatura inserido globo



Figura 3 – Registrador de temperatura e umidade Testo modelo 175-H1



Figura 4 – Registrador multi-função e sensor de esfera quente

Para medições das variáveis ambientais, foram utilizados equipamentos na altura de 1,1 m do piso para grupo de pessoas sentadas e 1,7 m do piso para grupos de pessoas em pé. Paralelamente, foram aplicados os questionários na população pesquisada que foi iniciada após o período de 1 hora de permanência das pessoas em suas atividades e estabilização dos equipamentos. O horário de trabalho da maioria dos funcionários pesquisados era das 7:00 às 11:00 e das 12:40 às 17:00. Antes da aplicação dos questionários foi realizada a identificação do pesquisador, a apresentação dos objetivos da pesquisa, assim como os procedimentos a serem adotados. Cada funcionário foi entrevistado por volta de quatro vezes no decorrer do seu dia de trabalho.

A velocidade média do ar foi obtida por volta de 10 minutos antes da aplicação do questionário realizando medições a cada 15 segundos durante 3,5 minutos em todos os pontos selecionados para medição. Os dados da temperatura radiante média foram calculados por meio do software Conforto versão 2.03 (RUAS, 2002).

Por meio dos resultados dos conjuntos de variáveis ambientais e pessoais, obtenção da sensação e preferência térmica foram determinadas a temperatura de neutralidade e a correspondente porcentagem de insatisfeito.

Para isto foi utilizado o modelo Probit. Esta análise é um modelo de regressão não-linear utilizado para identificar as probabilidades de um fato ocorrer em variáveis binárias. As variáveis são definidas como explicativas (independentes) e respostas (dependentes). A variável dependente é a sensação térmica obtida pelos questionários, e a variável resposta, (explicativa ou independente), é a temperatura operativa. O modelo Probit analisa variáveis de interesse, a partir de variáveis preditas que servem para explicar ou dar significância estatística à probabilidade destas respostas.

O modelo de análise Probit é representado pela Equação 1:

$$\pi(X) = \phi(\alpha + \beta X) \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde $\pi(X)$ é a probabilidade acumulada da variável resposta, X é a variável explicativa, ϕ é a função que transforma a distribuição dos dados na curva Normal acumulada, α é o intercepto, ponto onde os dados tocam no eixo Y e β é o coeficiente angular.

Para obter o valor da função ϕ usa-se a seguinte Equação 2:

$$\phi(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\delta}} \cdot e^{\left\{ \frac{-(X - \mu)^2}{2\delta^2} \right\}} \quad [\text{Eq. 02}]$$

Onde X é a variável independente, π é a constante numérica = 3,14, δ é o desvio padrão, e é o exponencial da base neperiana, μ é a média da distribuição da amostra e δ^2 é a variância da amostra.

Como a análise Probit é um modelo de regressão não-linear, a reta da distribuição dos dados estimada se transforma numa curva por meio da função ϕ . Assim, o modelo calcula a média e o desvio padrão dos dados da amostra para construção de uma curva normal, integra e constrói as curvas de insatisfeitos devido ao calor ou ao frio.

4. RESULTADOS

Em relação às variáveis ambientais, a temperatura média do ar coletada nos dias de medições foi de 22,67 °C (desvio padrão = 4,20), a temperatura mínima do ar foi de 13,7 °C e a máxima 35,4 °C. A umidade relativa média foi de 62,4 % (desvio padrão = 14,95), a velocidade do ar obteve média de 0,22 m/s (desvio padrão = 0,15 m/s), e a temperatura radiante média de 23,13 °C (desvio padrão = 4,26).

Para as variáveis pessoais a média da taxa de metabolismo foi de 1,56 met (desvio padrão = 0,25) e a média do isolamento térmico das vestimentas foi de 0,76 clo (desvio padrão 0,35). Nota-se que o isolamento térmico entre 0,5 e 0,6 clo foi o de maior frequência.

Para obter a temperatura de neutralidade, a porcentagem de pessoas em conforto e desconforto térmico e os limites de conforto térmico da população pesquisada adotaram-se o procedimento descrito a seguir.

Inicialmente foi efetuada a separação de todos os dados cuja taxa de metabolismo era de 1,40 met. Feito isso, procedeu-se à determinação das freqüências de ocorrência dos sete graus de sensação térmica (muito frio, frio, pouco frio, nem calor nem frio ou neutro, pouco calor, calor e muito calor) para cada valor de temperatura operativa. Para obter a temperatura operativa utiliza-se a seguinte equação:

$$t_o = A \cdot t_a + (1 - A) \cdot \bar{t}_r \quad [\text{Eq. 03}]$$

Onde A será igual a 0,5 se a velocidade do ar for menor que 0,2 m/s, ou A será 0,6 se a velocidade do ar for maior que 0,2 e menor que 0,6 m/s ou A será 0,7 se a velocidade do ar for maior que 0,7 e menor que 1,0 m/s, o t_a é a temperatura do ambiente em °C e o \bar{t}_r é a temperatura radiante média em °C.

Esses dados foram então divididos em três novas categorias: calor, conforto e frio. Para essa nova divisão adotou-se o seguinte critério:

- para a categoria conforto corresponderam os votos neutro e os votos +1 e -1 dos trabalhadores que votaram “sem alteração” na pergunta de preferência térmica;
- para a categoria calor foram relacionados os votos +3, +2 e os votos +1 que não foram enquadrados na categoria conforto;
- para a categoria frio corresponderam os votos negativos de acordo com a mesma sistemática adotada para a categoria calor.

Por meio da análise Probit foi possível obter as probabilidades ou percentuais estimadas para as categorias calor, conforto e frio em função da temperatura operativa. Dessa forma, pode-se encontrar a temperatura de neutralidade e a correspondente porcentagem de insatisfeitos.

Para o conjunto de dados filtrados da população com taxa de metabolismo de 1,4 met no inverno, a temperatura de neutralidade foi de 22,4 °C, com 90,3% da população em conforto térmico e 9,7% em desconforto térmico (Figura 5).

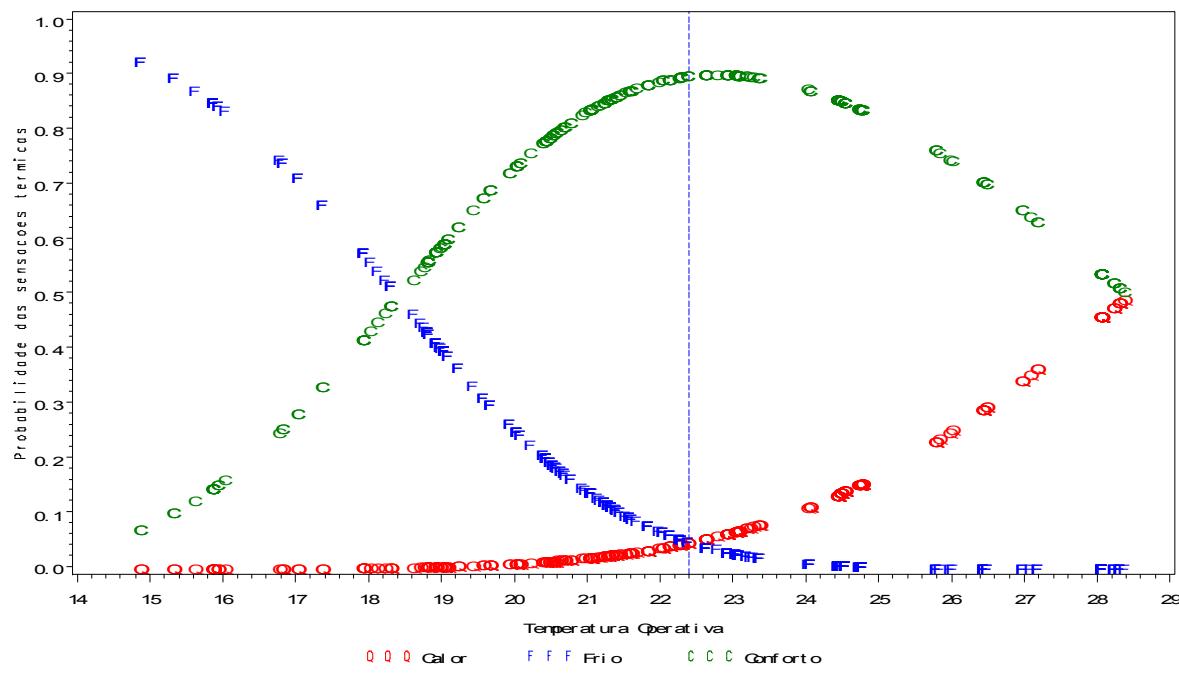


Figura 5 – Regressão Probit – Sensação Térmica em função da Temperatura Operativa (1,4 met inverno)

Os valores médios das condições ambientais e pessoais da população com taxa de metabolismo de 1,4 met no inverno são 0,81 clo de isolamento térmico da vestimenta, 62,3 % de umidade relativa e velocidade do ar de 0,21 m/s. Para essas condições a Temperatura de Neutralidade, conforme cálculo de PMV é de 21,7 °C .

Conforme análise Probit para o conjunto de dados filtrados da população com taxa de metabolismo de 1,4 met no verão foi obtida a temperatura de neutralidade de 25,5 °C com 86,7% da população em conforto térmico e 13,3% em desconforto térmico (Figura 6). Para uma analise melhor seria necessário um número maior de dados.

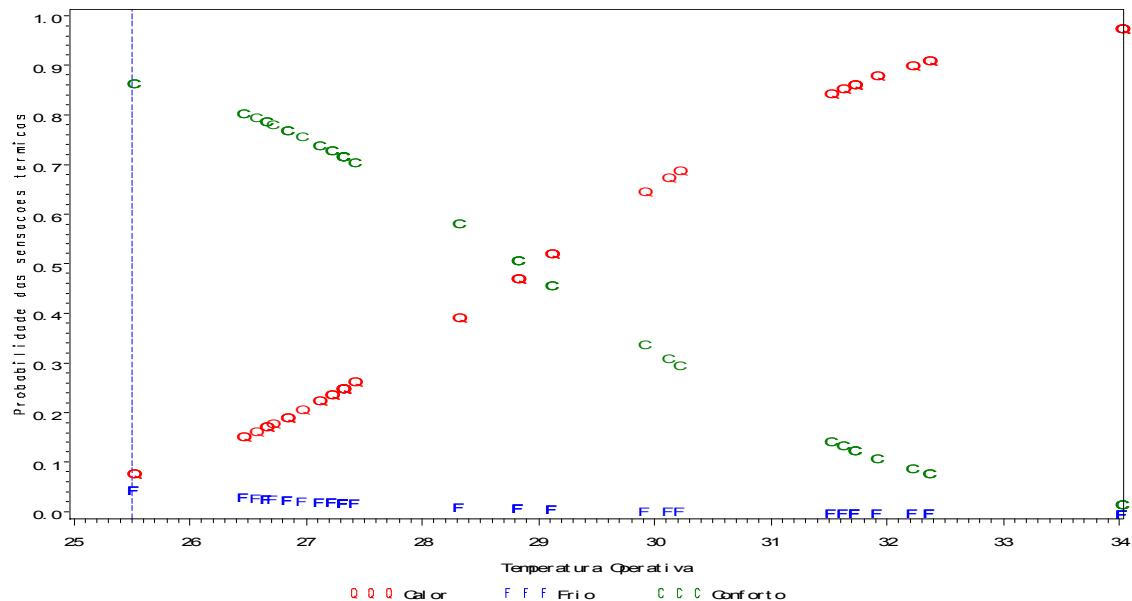


Figura 6 – Regressão Probit – Sensação Térmica em função da Temperatura Operativa (1,4 met verão).

Os valores médios das condições ambientais e pessoais da população com taxa de metabolismo de 1,4 met no verão são 0,42 clo de isolamento térmico da vestimenta, 66,4 % de umidade relativa e velocidade do ar de 0,29 m/s. Para essas condições a Temperatura de Neutralidade calculada conforme modelo PMV é de 25 °C.

Para o conjunto de dados filtrados da população com taxa de metabolismo de 1,4 met no verão e inverno, a temperatura de neutralidade foi de 23,35 °C, com 84,5% da população em conforto térmico e 15,5% em desconforto térmico (Figura 7).

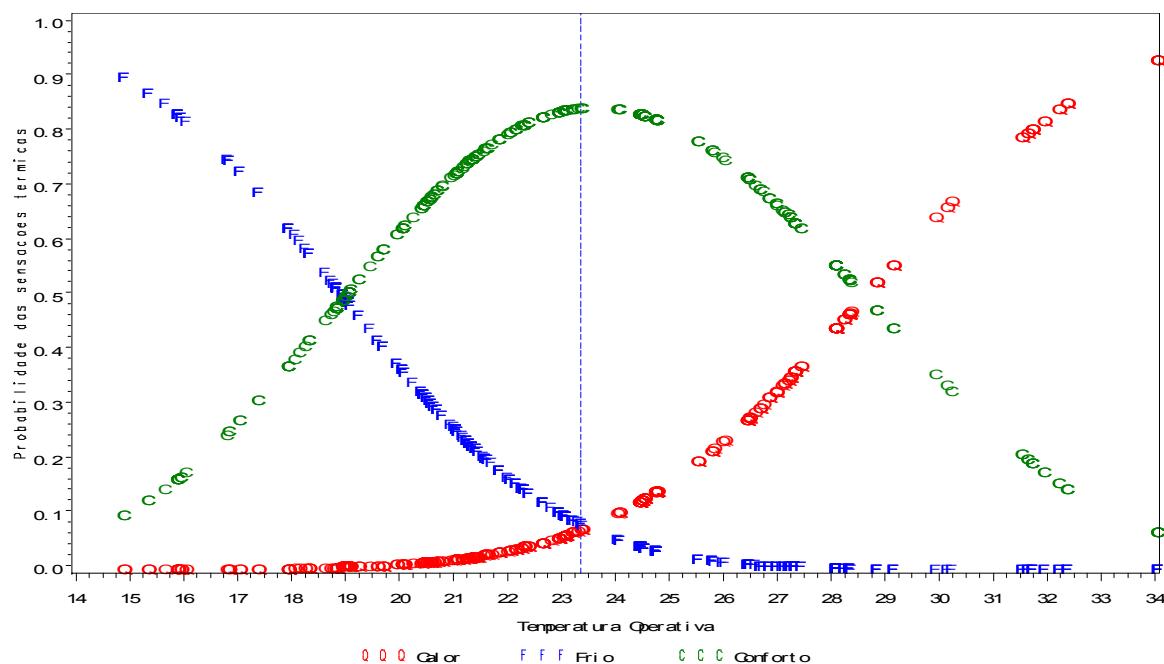


Figura 7 – Regressão Probit – Sensação Térmica em função da Temperatura Operativa (1,4 met verão e inverno).

Os valores médios das condições ambientais e pessoais da população com taxa de metabolismo de 1,4 met para os dados de verão e inverno juntos são 0,74 clo de isolamento térmico de vestimenta, 63,0 % de umidade relativa e velocidade do ar de 0,22 m/s. Para estas condições a temperatura de neutralidade, conforme cálculo de PMV é de 22,4 °C.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com os resultados da análise Probit, a temperatura operativa para a qual ocorreu o máximo percentual de conforto no inverno, ou seja, temperatura de neutralidade de inverno, foi de 22,4°C (correspondente a 90,3% de pessoas satisfeitas). Utilizando-se os valores médios das variáveis pessoais e ambientais dessa população, calculou-se a temperatura de neutralidade conforme o método PMV obtendo-se o valor de 21,7°C. Portanto, foi encontrada uma diferença de 0,7°C entre as temperaturas de neutralidade de inverno da população pesquisada e o calculado conforme modelo PMV.

A análise Probit possibilitou o cálculo da temperatura de neutralidade de 25,5°C (correspondente a 86,7% de pessoas satisfeitas) para o verão. Os valores médios das condições ambientais e pessoais da população com taxa de metabolismo de 1,4 met no verão são 0,42 clo de isolamento térmico da vestimenta, 66,4 % de umidade relativa e velocidade do ar de 0,29 m/s. Para essas condições a Temperatura de Neutralidade calculada conforme

modelo PMV é de 25 °C. Portanto, foi encontrada uma diferença de 0,5°C entre as temperaturas de neutralidade de verão da população pesquisada e o calculado conforme modelo PMV/PPD.

Já a temperatura operativa para a qual ocorreu o máximo percentual de conforto no inverno e verão foi de 23,3°C (correlativo 84,5% de pessoas satisfeitas). Utilizando-se os valores médios das variáveis pessoais e ambientais dessa população, calculou-se a temperatura de neutralidade conforme método PMV/PPD obtendo-se o valor de 22,4°C. Portanto, foi encontrada uma diferença de 0,9°C entre as temperaturas de neutralidade de verão e inverno da população pesquisada e o calculado conforme modelo PMV/PPD.

Conforme observado as temperaturas de neutralidade obtidas foram acima do previsto pelo método PMV. Estas diferenças podem ser em função das seguintes condições:

- Ambientais, tais como, temperatura radiante média, temperatura do ar, velocidade média e umidade relativa do ar, dos locais onde foram realizadas as pesquisas que serviram de base para elaboração do método PMV eram controlados por meio de equipamentos. Já os locais onde a pesquisa foi realizada não havia o mesmo controle. Isto pode interferir no grau de aceitação das pessoas com relação às condições térmicas do ambiente.
- Pessoais, tais como, vestimenta e atividade. O método sugere a utilização de tabelas para mensurar a taxa de metabolismo e a resistência térmica da vestimenta. O uso de tais tabelas podem resultar em desvios nos resultados conforme apresentado por Voltani e Labaki (2009).

6. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados deste artigo é possível concluir que existem diferenças entre a temperatura de neutralidade obtida por meio dos votos da população pesquisada e às obtidas por meio do cálculo conforme modelo PMV/PPD. Contudo, a temperatura de neutralidade da população pesquisada é acima do resultado obtido por meio do cálculo recomendado pela norma internacional, ou seja, a população pesquisada se sente em conforto térmico com temperaturas acima do previsto no modelo PMV/PPD. Conforme Halawa e Hoof (2012) esta metodologia não leva em consideração o contexto cultural, climático e alguns fatores sociais.

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.

HALAWA, E., HOOF, J. V., The adaptive approach to thermal comfort: A critical overview, In: **Energy and Buildings**, v 51 p. 101-110. (2012).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 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

_____. ISO 8996 (1990) "Ergonomics – Determination of metabolic heat production thermal environments – resistance of clothing ensemble". Geneva.

_____. ISO 9920 (1995) "Ergonomics of the thermal environment – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble". 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. Ceiling 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 on thermal comfort under hot and humid conditions. **ASHRAE Transactions**, v. 100, part. 2, p. 16. 1994.

RUAS, A. C.; Sistematização da avaliação do conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software. Campinas: Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, 182p. 2002.

VOLTANI, E. R., LABAKI, L. C., Desvios nos resultados de correlação entre os votos da sensação térmica da população pesquisada em ambientes reais e os resultados dos cálculos de PMV/PPD. In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Natal/RN. **Anais...** ENCAC, p. 506-513. (2009).

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, às indústrias de calçados que disponibilizaram o ambiente e os funcionários que colaboraram com a pesquisa.