

# **VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO DE ALUNOS DO ENSINO TÉCNICO EM ATIVIDADES EM RECINTOS FECHADOS.**

**Geraldo Luiz Cavalcanti de Souza** Aluno do curso de Graduação em Ciências Agrárias/UFPB/CFT, Bolsista PIBIC/CNPQ/UFPB, Campus III, UFPB, Centro Bananeiras- PB CEP 58220-000.

**Profa. Dra. Esmeralda Paranhos dos Santos** Professora UFPB/CFT/DTR - Campus III, UFPB, Centro Bananeiras- PB. CEP 58220-000

**Prof. Dr. Antonio Souto Coutinho.** Professor UFPB/CT/DEP. Campus I, UFPB, Cidade Universitária, João Pessoa - PB.

**Prof. Dr. Paulo José Adissi** Professor UFPB/CT/DEP. Campus I, UFPB, Cidade Universitária, João Pessoa - PB.

**Resumo.** Ambientes termicamente desconfortáveis afetam o rendimento das atividades realizadas pelo ser humano, e vários pesquisadores procuram soluções para estes problemas. Num país grande e de climas tão distintos como o Brasil, o trabalho de padronização e normalização é mais árduo, pois nas diversas regiões as pessoas aclimatadas podem aceitar de forma diferente os ambientes térmicos. O objetivo do presente trabalho foi verificar as condições de conforto térmico de alunos do ensino técnico em atividades em recintos fechados. O trabalho foi desenvolvido nas instalações do Colégio Agrícola Vidal de Negreiros-UFPB - Campus III, cidade de Bananeiras (Brejo Paraibano). Foram realizadas medições de temperatura de bulbo seco e úmido e termômetro de globo. Os dados obtidos analisados de acordo com a ISO 7730(1994) e a NR 15. Realizou-se 109 medições (2.520 questionários). De acordo com os resultados obtidos, o ambiente estudado apresenta IBUTG máximo de 27,35 °C, o que diante da NR 15 é um ambiente livre de insalubridade; entretanto apresenta PMV máximo de 1,39, e PPD máximo de 47,74%, sendo um ambiente desconfortável.

**Palavras chave:** Conforto térmico, Norma ISO 7730, Norma Brasileira NR 15.

## **1-FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.**

A consciência de que ambientes termicamente desconfortáveis afetam o rendimento das atividades realizadas pelo ser humano, tem levado vários pesquisadores a procurar soluções para estes problemas. Entretanto, num país grande e de climas tão distintos como o Brasil, o trabalho de padronização e normalização é mais árduo, pois nas diversas regiões as pessoas aclimatadas podem apresentar maior ou menor aceitação dos ambientes térmicos.

Para um indivíduo estar em condições de conforto térmico é necessário que os seguintes parâmetros sejam respeitados: seu organismo deve estar em neutralidade térmica, a sudorese dentro de padrões determinados, e sua temperatura a um nível compatível. Além disso, deve estar isento de correntes de ar e assimetria térmica provocada por superfícies

quentes ou frias. Esses requisitos resumem a teoria de Fanger (1970), que levou aos índices Predicted Mean Vote (PMV) e Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) (ISO 7730). O primeiro permite prever a sensação térmica esperada pelos usuários, de acordo com a escala abaixo:

-3= muito frio, -2= frio, -1=levemente frio, 0=confortável, 1=levemente quente, 2=quente e 3 = muito quente.

O índice PMV é representado pela Eq. 1:

$$\text{PMV} = (0,303xe^{-0,036M} + 0,028)x\{(M - W) - 3,05 \times 10^{-3}[5733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42[(M - W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{-5}xM(5867 - p_a) - 0,0014xM(34 - t_a) - 3,96 \times 10^{-8}xf_{cl}[(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl}xh_c(t_{cl} - t_a)\}, \quad (1)$$

onde:

M = taxa metabólica devida à atividade desempenhada, ( $\text{W/m}^2$ ); W = eficiência mecânica, considerada nula para a maioria das atividades, ( $\text{W/m}^2$ );  $t_a$  = temperatura do ar, ( $^{\circ}\text{C}$ );  $t_r$  = temperatura radiante média, ( $^{\circ}\text{C}$ )  $p_a$  = pressão parcial do vapor de água, (kPa);  $t_{cl}$  = temperatura da superfície externa das roupas, ( $^{\circ}\text{C}$ );  $f_{cl}$  = razão entre a área do corpo vestido e do corpo nu, adimensional;  $h_c$  = coeficiente de convecção, ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ ); O PPD, por sua vez, representa a percentagem de pessoas insatisfeitas à sensação definida pelo PMV, conforme a Eq. 2.

$$\text{PPD} = 100 - 95xe^{-(0,03353 \times \text{PMV}^4 + 0,2179 \times \text{PMV}^2)} \quad (2)$$

O grande mérito do modelo de Fanger (1970) é incorporar todas as variáveis climáticas, além da atividade física e da resistência térmica das vestimenta. Todavia, tendo sido elaborado com pessoas da Dinamarca, Estados Unidos e Canadá, o método causa dúvidas a estudiosos das regiões tropicais (Kampmann e Piakaski, 2000), razão por que se torna importante comparar as duas realidades através de estudos de caso. Atividades e Operações Insalubres, são consideradas as que se desenvolvem acima dos limites de tolerância previstos nos Anexos nºs 1, 2, 3, 5, 11 e 12, e nas atividades mencionadas nos Anexos nºs 6, 13 e 14; da NR 15, e comprovadas através de laudo de inspeção do local de trabalho, constantes dos Anexos nºs 7, 8, 9 e 10 da citada NR: a exposição ao calor pode ser avaliada através do "Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo" (IBUTG) definido pelas Eq. 3 e Eq. 4, para ambientes internos e externos sem carga solar, respectivamente:

$$\text{IBUTG} = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g, \quad (3)$$

$$IBUTG = 0,7 t_{bn} + 0,1 t_{bs} + 0,2 t_g , \quad (4)$$

onde:

$t_{bn}$  = temperatura de bulbo úmido natural;  $t_g$  = temperatura de globo e  $t_{bs}$  = temperatura de bulbo seco.

Os aparelhos que devem ser usados nesta avaliação são: termômetro de bulbo úmido natural, termômetro de globo e termômetro de mercúrio comum. As medições devem ser efetuadas no local onde permanece o trabalhador, à altura da região do corpo mais atingida.

## 2-OBJETIVO.

Verificação das condições de conforto térmico de alunos do ensino técnico em atividades em recintos fechados.

## 3-METODOLOGIA.

O trabalho foi desenvolvido nas instalações do Colégio Agrícola Vidal de Negreiros-UFPB - Campus III, cidade de Bananeiras, localizada na região do Brejo Paraibano. Foram realizadas medições de temperatura de bulbo seco, bulbo úmido e termômetro de globo utilizando-se um conjunto de IBUTG marca INSTRUTHERM. Aplicou-se questionários baseados na ISO 7730. Os dados obtidos foram tabulados e analisados de acordo com a ISO 7730 (1994) e a NR 15. Utilizou-se o programa Microsoft® Excel nas análises estatísticas.

## 4-RESULTADOS E DISCUSSÃO.

O conjunto de dados obtidos das 109 medições realizadas junto ao CAVN no período de 30/07/2002 a 04/07/2003, correspondendo a 2.520 questionários respondidos, totalizando 5040 dados pessoais e 327 dados ambientais. As médias destas medições e os valores calculados de IBUGT, PMV e PPD estão apresentados na Tabela 1. O resumo da estatística descritiva das variáveis TEMPERATURA DE GLOBO-TG, TEMPERATURA DE BULBO SECO-TA, TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO-TU, RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS ROUPAS- ICL, SENSAÇÃO DE CALOR-SC e PRESENÇA DE SUOR-S, bem como os resultados dos teste de Hipóteses de Normalidade do Conjunto de Dados, estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 1- Médias das medições realizadas junto ao CAVN, e dos dados calculados.

24,4	23,0	22,5	0,66	-0,96	0,04	23,1	0,77	17,48		23,4	23,4	22,4	0,55	-1,05	0,00	22,7	0,42	8,76
24,3	24,3	24,2	0,61	-0,21	0,06	24,2	0,72	16		23,2	23,1	22,2	0,55	-0,97	0,00	22,5	0,38	8,04
24,3	24,2	24,1	0,51	-0,29	0,04	24,2	0,47	9,58		22,6	22,8	21,1	0,43	-1,20	0,13	21,6	-1,42	46,57
24,3	24,2	22,4	0,61	-0,56	0,06	23,0	0,72	15,77		22,5	22,5	21,9	0,65	-0,82	0,11	22,1	0,54	11,1
24,2	24,2	23,0	0,50	-0,67	0,04	23,4	-0,77	17,65		22,4	22,6	22,1	0,51	-1,71	0,00	22,2	0,14	5,43
24,1	24,1	23,5	0,59	-0,65	0,00	23,7	0,64	13,73		22,4	22,5	22,0	0,63	-0,40	0,15	22,1	0,48	9,84
24,1	24,2	21,5	0,57	-0,47	0,09	22,3	0,6	12,66		22,4	22,1	21,9	0,85	-0,60	0,00	22,1	0,91	22,59
24,1	23,9	23,4	0,44	0,09	0,10	23,6	-0,96	24,67		22,3	22,1	22,0	0,56	-1,05	0,00	22,1	0,26	6,37
24,1	24,0	22,0	0,58	-0,56	0,00	22,6	0,61	12,9		22,2	22,0	21,9	0,60	-1,73	0,00	22,0	0,36	7,63
24,1	23,7	23,1	0,59	-0,35	0,00	23,4	0,62	13,02		22,2	21,9	21,9	0,54	-0,52	0,10	22,0	0,17	5,62
24,0	23,9	23,6	0,58	-0,25	0,00	23,7	0,6	12,47		22,2	22,2	21,9	0,48	-2,00	0,00	22,0	-1,44	47,74
24,0	24,2	23,1	0,60	-0,21	0,00	23,4	0,67	14,31		22,1	21,9	21,6	0,66	-1,26	0,11	21,8	0,5	10,15
24,0	23,7	22,4	0,56	-0,35	0,04	22,9	0,53	10,96		22,1	21,9	21,0	0,77	-0,27	0,00	21,3	0,74	16,45
23,9	23,7	23,6	0,56	-0,76	0,08	23,7	0,52	10,72										
23,9	23,3	23,1	0,57	-0,14	0,09	23,3	0,52	10,73										
23,8	23,3	23,5	0,52	-0,81	0,00	23,6	0,38	7,95										
23,8	23,8	23,1	0,51	-0,43	0,03	23,3	0,38	8,07										
23,8	23,7	21,9	0,49	-0,60	0,13	22,5	-0,93	23,44										
23,6	23,5	23,3	0,54	-1,14	0,04	23,4	0,42	8,76										
23,6	23,2	22,4	0,52	-1,20	0,00	22,8	0,35	7,5										
23,6	23,6	22,3	0,63	-0,85	0,00	22,7	0,66	14,07										
23,4	23,2	23,0	0,55	-0,65	0,04	23,1	0,41	8,5										

**TABELA 2 -Resumo da Estatística Descritiva das Variáveis Coletadas Junto ao CAVN.**

	TG	TA	TU	ICL	SC
Média	25,21	24,96	23,80	0,55	-0,12
Desvio padrão	1,59	1,59	1,42	0,06	0,66
Mínimo	22,10	21,90	21,00	0,43	-2,00
Máximo	29,00	28,60	27,00	0,85	1,30
K-S	0,0474	0,0368	0,0785	0,0992	0,0286

Procedeu-se à verificação da normalidade dos dados, utilizando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) (Costa Neto, 1977), considerando-se o nível de significância  $\alpha=5\%$  e  $n=109$ , o valor de  $d_{\alpha,n}$  crítico para os valores trabalhados, obteve-se  $d_{5\%,109} = 0,1306$ . Tecendo-se as hipóteses, pode-se considerar:

$H_0$ :não há normalidade  $d_{5\%,109} > d_{5\%,109}$  crítico;

$H_1$ :há normalidade  $d_{5\%,109} < d_{5\%,109}$  crítico;

Pela observação da tabela 4.2, onde se apresenta os valores de K-S encontrados para as variáveis em estudo, percebe-se que para todas as variáveis apresentadas deve ser rejeitada a hipótese  $H_0$ , e aceita a hipótese  $H_1$ , pois todos os valores de K-S encontrados são menores que o valor  $d_{5\%,109} = 0,1306$ , confirmando a normalidade das variáveis. Na Tabela 3 apresenta-se o resumo da estatística descritiva das variáveis IBUTG, PMV e PPD. Procedendo-se de forma análoga aos dados coletados, para verificação da normalidade dos dados calculados, repete-se as hipóteses já descritas, e considera-se o mesmo valor de  $d_{5\%,109} = 0,1306$ , obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 4:

TABELA 3 -Resumo da estatística descritiva das variáveis calculadas com os dados coletados junto ao CAVN			
	IBUTG (°C)	PMV (adim.)	PPD (%)
Média	24,2	0,55	17,56
Desvio padrão	1,41	0,54	9,36
Mínimo	21,3	-1,44	5,15
Máximo	27,4	1,39	47,74

TABELA 4- Valores de K-S encontrados para as variáveis calculadas com dados coletados junto ao CAVN	
VARIÁVEIS	K-S
Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo – IBUTG	0,0261877
Voto Médio Preditó – PMV	0,1714321
Voto Médio Preditó – PMV <sup>2</sup>	0,0905230
Percentual de Pessoas Insatisfeitas – PPD	0,0897949

Pela observação da Tabela 4, rejeita-se a hipótese  $H_0$ , e aceita-se a  $H_1$ , pois todos os valores de K-S encontrados para as variáveis são menores que  $d_{5\%,109} = 0,1303$ , entretanto como a variável PMV não satisfaz à normalidade pois  $d=0,1714$ , foi necessário realizar uma transformação BOX-COX nessa variável, o que no caso foi utilizado o quadrado da variável, ou seja, PMV<sup>2</sup>. Uma vez transformada, a variável PMV<sup>2</sup> atende à hipótese  $H_1$ , pois o valor encontrado  $d=0,0905230$  é inferior ao  $d_{\text{crítico}}$ , como pode ser evidenciado também na tabela 4.4:

Consultando-se a NR 15, percebe-se que as condições nas quais o presente trabalho foi realizado, com IBUTG máximo de 27,4 °C, considerando a taxa metabólica de 105 Kcal/h ou 68 W/m<sup>2</sup>, os valores de IBUTG encontrados correspondem a uma situação que não

apresenta quaisquer restrições no tocante à insalubridade térmica, sendo inclusive um nível de atividade que nem chega a ter limites de IBUTG máximo citado, já que a NR 15 começa a considerar a partir de 125 Kcal/h. Entretanto, ao observar-se as respostas dos questionários, percebe-se que as pessoas não estão plenamente satisfeitas com o ambiente térmico no qual se encontram. As médias das respostas da escala de percepção do estado térmico, apresentadas em percentual na Figura 1, mostram que apenas 37% das pessoas percebiam o ambiente como neutro. Pela observação da Figura 2, constata-se que 89% das pessoas não estavam suando, o que pode ser justificado pelo fato da temperatura média ser de 25 °C. Entretanto, o ambiente estudado apresentou PMV entre -1,44 e 1,39, e valores de PPD correspondendo à probabilidade entre 5,15 % e 47,74%, de pessoas insatisfeitas. O percentual máximo de prováveis pessoas insatisfeitas apresentado pelo cálculo de PPD, apresenta-se inferior ao relatado pelas pessoas com as respostas dadas nas escalas subjetivas, que revelaram apenas 37% de satisfeitos com o ambiente. Na Figura 3, observa-se a comparação da variação do IBUTG com a variação do PPD, percebendo-se aqui, que valores diferentes de PPD estão associados a um determinado valor de IBUTG, mostrando a falta de sensibilidade que o índice IBUTG oferece em condições ambientais distintas.

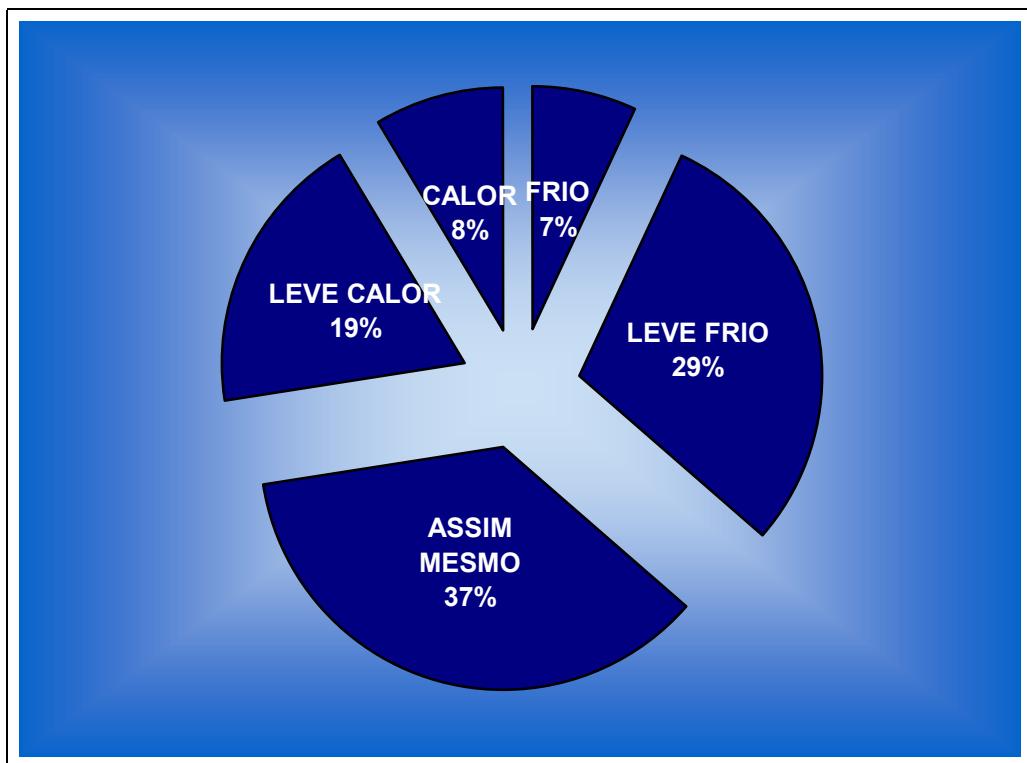


FIGURA 1-Percentuais das médias das respostas da escala de percepção do estado térmico obtidas junto ao CAVN.

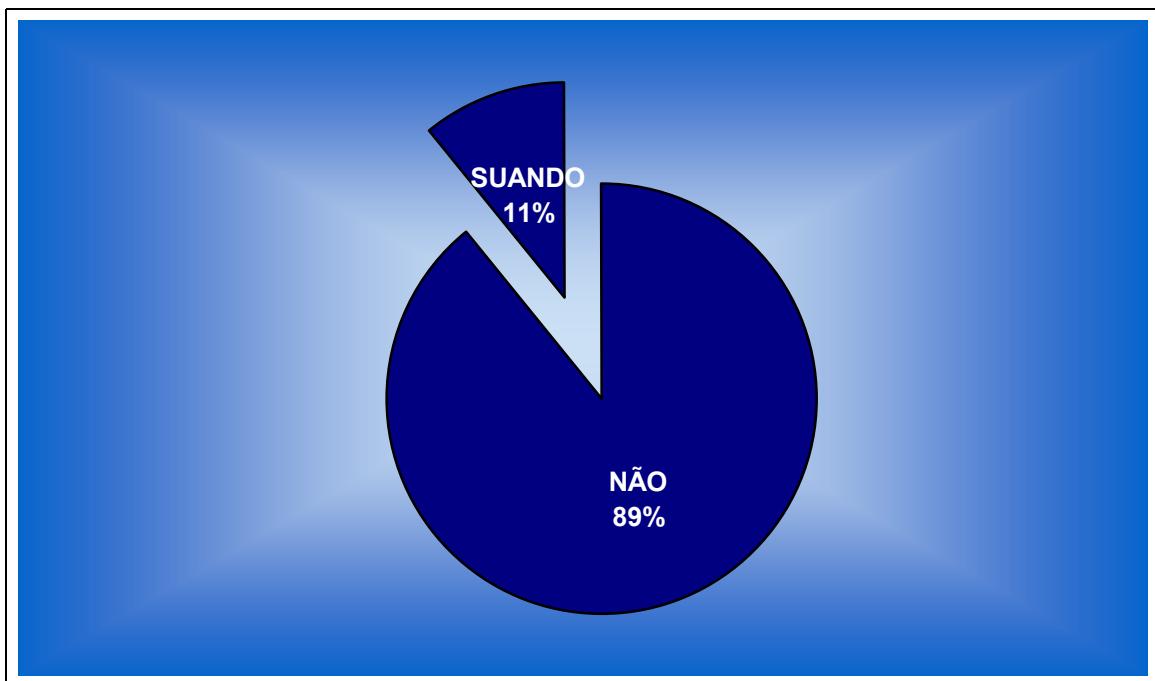


FIGURA 2-Percentuais das médias das respostas da pergunta se está suando ou não obtidas junto ao CAVN.

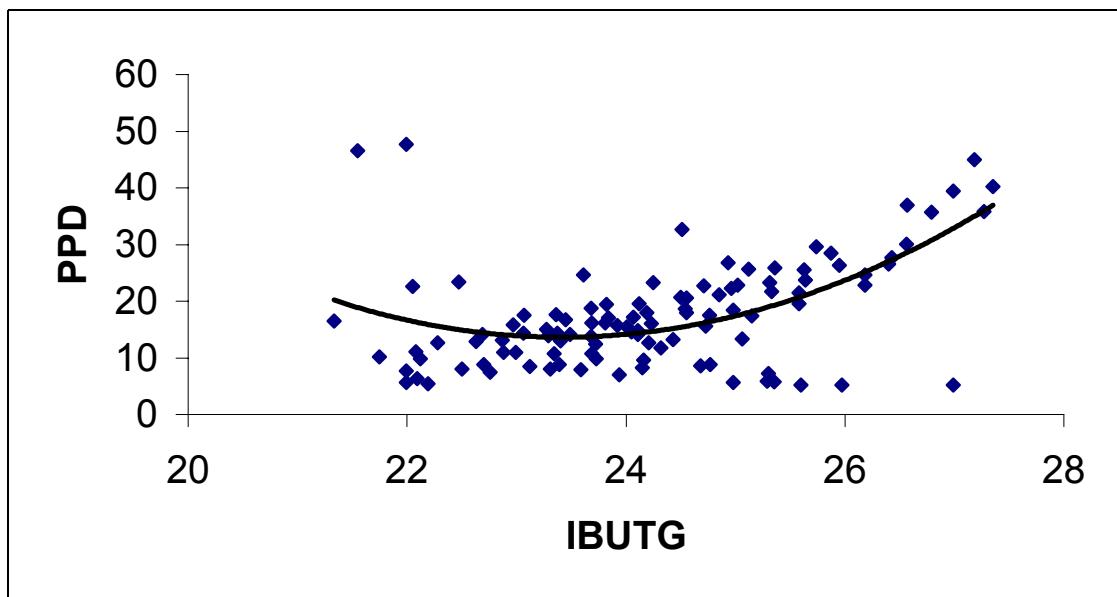


FIGURA 3- Comparação da variação do IBUTG com a variação do PPD, junto ao CAVN.

Os limites máximos de exposição ao calor preconizados pelo Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo (IBUTG), os valores do IBUTG revelam uma situação na qual não existe insalubridade térmica. Entretanto, pelas respostas das escalas subjetivas, percebe-se que as pessoas não estão plenamente satisfeitas com o ambiente térmico no qual se encontram. Em estudo realizado com 91 indivíduos em ambiente de trabalho, os pesquisadores Hsail, Shien, Wul et al (1999), perceberam que o IBUTG não refletia adequadamente o estresse provocado pelo calor resultante das condições ambientais, nas quais os indivíduos estavam submetidos.

A complexidade de obtenção de um modelo subjetivo como é a sensação térmica que uma pessoa está sentindo, é bastante elevada; inclusive alguns pesquisadores como Jones (2002), afirmam que um modelo padrão deve ser restrito a condições específicas para as quais foi demonstrado. Entre outros fatores, deve ser levado ainda em consideração peculiaridades dos grupos que estão sendo estudados, já que pode haver diferença nas respostas sensitivas tanto entre sexos como também entre nacionalidades (Nakanoa, Tanaba e Kimurab, 2002). No presente trabalho considera-se como uma das respostas às diferenças encontradas nas formas de sentir o ambiente, ao fator idade, visão ou perspectivas de vida, do grupo de pessoas que participaram respondendo aos questionários.

## 5-CONCLUSÕES

Considerando-se os resultados obtidos e condições nas quais o presente estudo foi desenvolvido, chegou-se as seguintes conclusões:

- A análise relativa ao Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo (IBUTG), no ambiente estudado revelou ausência de estresse: apresenta IBUTG máximo de 27,35 °C, o que diante da NR 15 é um ambiente livre de insalubridade; entretanto apresenta PMV máximo de 1,39, e PPD máximo de 47,74%, sendo um ambiente desconfortável.
- O índice de avaliação de conforto e estresse térmico no homem Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo-IBUTG, isoladamente parece não ser suficiente para representar as condições ambientais;

## 6-BIBLIOGRAFIA

- 1-Brasil. Ministério do Trabalho, Portaria nº 3.214 de 08 de julho de 1978, Norma regulamentadora nº 15. <http://www.mt.gov.Br>.
- 2-Costa Neto, P. L. de O. 1977. EstatísticaP. São Paulo, Edgard Blucher,
- 3-Fanger, P. O.. . 1970. Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. McGraw-Hill Book. New York
- 4-ISO 7243. 1989. Hot environments- Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperatura). International Organization for Standardization, Genebra.
- 5-ISO 10551. 1995. Ergonomie des ambiances thermiques- Évaluation de l'influence des ambiances thermiques à l'aide d'échelles de jugements subjectifs. . International Organization for Standardization, Genebra.
- 7-Kampmann, B.; Kalkousky, B.; Piekarski, C.. Estimation of metabolic rate from cardiac frequency for field studies: correcting for “Thermal pulses”. Journal of Thermal Biology 26(2001) 437-440.
- 8-Ruas, A. P. . 1996. Avaliação de conforto térmico – contribuição a aplicação prática de normas internacionais. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

## **VERIFICATION OF THE CONDITIONS OF THERMAL COMFORT OF STUDENTS OF THE TECHNICAL TEACHING IN ACTIVITIES IN CLOSED ENCLOSURES.**

**Geraldo Luiz Cavalcanti de Souza** Aluno do curso de Graduação em Ciências Agrárias/UFPB/CFT, Bolsista PIBIC/CNPQ/UFPB, Campus III, UFPB, Centro Bananeiras- PB CEP 58220-000.

**Profa. Dra. Esmeralda Paranhos dos Santos** Professora UFPB/CFT/DTR - Campus III, UFPB, Centro Bananeiras- PB. CEP 58220-000

**Prof. Dr. Antonio Souto Coutinho.** Professor UFPB/CT/DEP. Campus I, UFPB, Cidade Universitária, João Pessoa - PB.

**Prof. Dr. Paulo José Adissi** Professor UFPB/CT/DEP. Campus I, UFPB, Cidade Universitária, João Pessoa - PB.

**Abstract.** The work has been developed in the environment classrooms of “Vidal de Negreiros” Agricultural School (CAVN), at Campus III of UFPB. It has been made the measurement of the Dry Bulb Temperature, the Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) and the speed of the air. The metabolism has been defined by using Norm ISO 8996 (1995) and the reading of the instruments was made after the establishment of the permanent regime. Questionnaires have been applied, based on the subjective scales presented by Norm ISO 10551(1995). It has been calculated the following thermal comfort indexes for each environment: Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), Predicted Mean Vote (PMV) and Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD); afterwards, it has been calculated the average values based on the questionnaires. The WBGT has been analyzed by comparing it to the results of the questionnaires and the limits proposed by each one of the indexes.

Word-keys: Thermal comfort; Prediction of the Dissatisfied; environment classrooms.