

APLICABILIDADE DE ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO: UM ESTUDO DE CASO EM SALVADOR - BA

Débora Santa Fé (1), Telma Andrade (2), Marcos Jorge Almeida Santana (3), Jussana Nery (4), Tereza Moura (4), Iara Brandão de Oliveira (5)

(1)LACAM - MEAU/UFBA, UNIME, Alameda Carrara, N. 316, Pituba, Salvador- BA, CEP 41830590, tel: (71) 33788102, e-mail: dedorasantafe@hotmail.com;

(2)LACAM - LEN/UFBA, (3)MEAU/EPUFBA, UCSAL; (4)LACAM/FAUFBA; (5)MEAU/EPUFBA.

RESUMO

Índices de conforto térmico sintetizam os efeitos das variáveis do conforto térmico. O PET - Temperatura Fisiológica Equivalente é expresso em °C, enquanto o PMV - Voto Médio Estimado, traduz a sensibilidade térmica humana em uma escala de -3 a +3. Estes índices foram avaliados na análise do desempenho térmico da Biblioteca Raul Seixas (BRS) do CEFET-BA. Os dados dos questionários e das medições de variáveis ambientais foram tratados utilizando-se a análise de regressão não linear *Probit*. Verificou-se que os limites superiores para os índices PMV e PET, estabelecidos para climas temperados, de +0,5 e 24 °C, estão subestimados para este estudo, sendo os valores de +0,9 e 26,6 °C mais adequados para o ambiente da BRS. Concluiu-se que os estudantes estão adaptados às condições térmicas mais elevadas e que a biblioteca apresenta desconforto térmico durante um período menor. Além disso, os valores encontrados para estes índices estão mais próximos das respectivas faixas de conforto, reduzindo as amplitudes, de +1,0 para +0,6 (PMV) e de 5,0 °C para 2,0 °C (PET). Concluiu-se também que intervenções na arquitetura da BRS utilizando mecanismos passivos melhorariam o ambiente térmico, recorrendo ao uso de mecanismos artificiais de climatização durante um período menor do dia.

ABSTRACT

Thermal Comfort Indices take into account the combined effect of the thermal comfort variables. The index PET - Physiological Equivalent Temperature is expressed in °C, while the PMV - Predicted Mean Vote translates the human thermal sensation into a scale which ranges from -3 to +3. Both indices were used to evaluate the thermal performance of Raul Seixas Library (BRS) - CEFET/BA. Data from the questionnaires and the environmental variables were statically treated by non-linear regression analysis *Probit*. It was found that the upper comfort limit values for PET and PMV, recommended for temperate climate, 24 °C and +0,5 respectively, are underestimated, while the obtained values, 26,6 °C and +0,9 more adequately describe the thermal comfort sensation felt by the BRS library users. As a result of these new upper limit comfort values, the BRS presents a shorter period of thermal discomfort and it also indicates that the students are adapted to warmer conditions. Additionally, the new limiting values are closer to the comfort intervals with a narrower amplitude: from +1,0 to +0,6 (PMV), and from 5,0°C to 2,0°C (PET). In conclusion, architectural interventions at the BRS, using passive thermal mechanisms, would improve the thermal comfort inside the library for a longer period of time, leaving the use of mechanized thermal conditioning for a shorter period of time during the day.

1. INTRODUÇÃO

As demandas sociais por qualidade ambiental urbana aliadas à importância da arquitetura bioclimática como colaboradora para o desenvolvimento sustentável, têm exigido a expansão e atualização de metodologias e procedimentos na área de conforto ambiental que antecipem o comportamento do ambiente construído, evitando problemas futuros ou corrigindo problemas em edificações existentes.

Qualificar os ambientes com conforto ambiental significa considerar, dentre outras, as exigências térmicas do ser humano através de estratégias de projeto com menor impacto ambiental e energético possível. Esse procedimento requer o conhecimento das condições locais climáticas e culturais, interpretadas através de índices de conforto térmico adequados.

Os índices de conforto térmico tentam sintetizar os diversos efeitos das variáveis que interferem nas condições de conforto térmico humano, e seus limites têm sido estabelecidos, na maioria das vezes, para climas temperados, quando deveriam ser estabelecidos a partir das condições climáticas e culturais de cada local.

A adoção de índices de conforto sem o devido ajuste para climas tropicais úmidos, por exemplo, pode subestimar o limite superior de conforto e, conseqüentemente, estimular o uso desnecessário de ar condicionado (NICOL, 2004). Ou seja, esta situação vem a contrariar os princípios do desenvolvimento sustentável nas edificações advogados pela Agenda 21 on Sustainable Construction (CIB, 1999), através de uma maior demanda de energia para refrigeração.

Neste sentido, os índices de conforto térmico Temperatura Fisiológica Equivalente – PET (°C) e Voto Médio Estimado – PMV foram avaliados quanto a sua aplicabilidade em clima quente-úmido, na cidade de Salvador, buscando-se adequar seus respectivos limites de conforto térmico para este clima específico, utilizando para isso um estudo de caso – Sala de Leitura da Biblioteca do CEFET-BA¹ (ANDRADE e outros, 2005), onde os usuários encontram-se dentro de uma mesma faixa etária, mesma vestimenta e mesmo nível de produção metabólica.

2. ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

Dentre os índices de conforto térmico foram escolhidos a Temperatura Fisiológica Equivalente – PET (HÖPPE, 1999) e o Voto Médio Estimado – PMV, adotado pela ISO 7730 (1994) e a ASHRAE 55 (1992). O primeiro tem um conceito de fácil entendimento, está expresso em escala termométrica conhecida (°C), e tem por base de cálculo a fisiologia humana independente de calibragem subjetiva. O segundo, apresenta uma escala de conforto de fácil utilização em questionários sobre a sensação térmica. A aplicação simultânea desses dois índices permite correlacionar a avaliação subjetiva dos usuários com a avaliação objetiva do ambiente estudado. Esses dois índices podem ser calculados pelo aplicativo computacional de livre acesso RAYMAN (2002).

2.1 Voto Médio Estimado – PMV e Percentual de Pessoas Insatisfeitas – PDD

O Voto Médio Estimado – PMV foi proposto por Fanger em 1970 e permite avaliar o conforto térmico de um recinto fechado, prevendo a sensação térmica para qualquer combinação entre o nível de atividade de uma pessoa (Met), a vestimenta (Clo) e as variáveis climáticas: temperatura do ar (°C), temperatura radiante média (°C), velocidade do ar (m/s) e umidade relativa (%) (FANGER, 1972).

O PMV descreve a sensação fisiológica de um indivíduo variando de -3 (frio) a +3 (quente), passando por zero (neutro). A faixa de conforto aceitável está entre -0,5 e +0,5.

Apesar de o PMV ser um padrão internacional conhecido e utilizado, é criticado quanto a sua aplicabilidade em edificações naturalmente ventiladas em regiões de clima tropical, já que limita sua temperatura de conforto em 30°C e a velocidade do ar em 1 m/s, situação típica desse clima (NICOL, 2004). Outro fator colocado por Nicol (2004) é a subestimação da temperatura de conforto, ou seja, o PMV estima sensações térmicas mais quentes do que seus ocupantes sentem.

As inadequações citadas podem ser parcialmente justificadas pela utilização de valores pré-estabelecidos fornecidos pela ISO 7730 relacionados às variáveis: atividade metabólica e isolamento térmico da roupa.

¹ CEFET-BA – Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia

O Percentual de Pessoas Insatisfeitas – PDD estima o percentual de pessoas insatisfeitas em relação às condições térmicas do ambiente onde estão inseridas, sendo obtido através de uma equação em função do PMV (ISO 7730, 1994). Para o intervalo de conforto estabelecido pelo PMV (-0,5 a +0,5) o PDD assumiria o valor máximo de 10%.

2.2 Temperatura Fisiológica Equivalente – PET (°C)

A Temperatura Fisiológica Equivalente – PET, proposta por Höpfe e Mayer, em 1987, objetiva traduzir o efeito integrado das variáveis ambientais relevantes para a troca de calor entre o corpo e o meio ambiente (HÖPPE, 1999).

O índice PET tem, por definição, o mesmo valor da temperatura do ar de um ambiente padrão, o qual propicia a mesma quantidade de calor armazenado ou mesma temperatura superficial do corpo humano sob a ação conjunta das variáveis ambientais consideradas. O ambiente padrão tem a temperatura radiante média igual à temperatura do ar, velocidade do ar igual a 0,1 m/s; pressão de vapor d'água igual a 12hPa e umidade relativa de 50%, para a temperatura do ar de 20 °C. O cálculo do índice é obtido através de um sistema de equações que incluem a equação do balanço térmico do corpo humano de Munique – MEMI, em condições de estabilidade, do fluxo de calor do interior para o exterior do corpo humano e a da resistência térmica da vestimenta. A faixa de conforto térmico estabelecida por este índice fica entre 22 e 24°C (HÖPPE, 1999).

3. METODOLOGIA

Para testar a aplicabilidade dos índices de conforto térmico procedeu-se uma avaliação do desempenho térmico de uma sala de leitura envolvendo análises qualitativas e quantitativas constando de: (a) coleta de dados através de medições das variáveis ambientais, aplicação de questionário sobre a sensação térmica momentânea dos usuários e levantamento de arquivos cadastrais da edificação; (b) tratamento dos dados e (c) análise dos dados.

3.1 Coleta de dados

Os dados foram coletados em duas etapas, sendo que a primeira objetivou a análise quantitativa do desempenho térmico da sala, cujos resultados estão apresentados em ANDRADE e outros (2005), e a segunda, a aplicabilidade dos índices de conforto PMV e PET (°C), cujos resultados são discutidos neste artigo.

As medições das variáveis ambientais foram realizadas no interior e exterior da sala de leitura, entre 8:30 e 20:00 horas, durante três dias consecutivos, sob as condições climáticas típicas de inverno (14, 15 e 16 de junho de 2005). Esse período foi escolhido em função da semana de provas do CEFET-BA, quando uma maior quantidade de alunos freqüenta a sala de leitura. Simultaneamente às medições foram aplicadas 530 enquetes sobre a sensação térmica dos alunos.

As variáveis ambientais consideradas foram: temperatura do ar (T_{ar} , °C), umidade relativa do ar (UR, %), velocidade do ar (V , m/s), temperatura radiante média (T_{rm} , °C), velocidade relativa do ar (V_{ar} , m/s) e temperatura operativa (T_{op} , °C). As três primeiras variáveis ambientais foram coletadas diretamente da estação meteorológica móvel, e as duas últimas calculadas a partir das equações constantes na ISO 7933 (1989). A T_{rm} foi calculada a partir da Equação 02 (GIVONI, 1981)

$$T_{rm} = T_g + 0,24 \times V^{\frac{1}{2}} \times (T_g - T_{ar}) \quad [\text{Eq.01}]$$

Onde:

T_{rm} (°C) = temperatura radiante média

T_g (°C) = temperatura de globo

T_{ar} (°C) = temperatura do ar

V (m/s) = velocidade do ar

Em relação às enquetes aplicadas foram utilizadas as mesmas escalas encontradas em Xavier (1999), as quais consistem em uma tradução da escala de sete pontos sugeridos pelo PMV (ISO 10551, 1995) (Tabela 1).

Tabela 1 – Escalas de conforto adotada

Sensação Térmica		Preferência Térmica	
com muito calor	+3	bem mais quente	+3
com calor	+2	mais quente	+2
com um pouquinho de calor	+1	um pouquinho mais quente	+1
bem, nem com calor nem com frio	0	nem mais quente, nem mais frio	0
com um pouquinho de frio	-1	um pouquinho mais frio	-1
com frio	-2	mais frio	-2
com muito frio	-3	bem mais frio	-3

Questões abertas foram incluídas no questionário com a intenção de dirimir dúvidas que por ventura surgissem durante o tratamento dos dados, a saber: “Qual a atividade que estava realizando meia hora antes de estar aqui?”; “Há quanto tempo está aqui?”; “Quais seus sintomas de desconforto neste momento?”; e, por fim, “Como você se classificaria? Friorento, calorento ou normal?”.

Um outro fator observado foi o tempo de permanência na sala. Como recomendado por Guyton (1988), o aluno deveria estar na Sala de Leitura há pelo menos 20 minutos para estabilização do seu metabolismo. Este tempo de “aclimação” garante uma maior correspondência das sensações relatadas pelos usuários com a atividade desempenhada no momento da aplicação do questionário (leitura e escrita) e com o ambiente térmico da Sala de Leitura.

Tendo em vista que as coletas das variáveis climáticas foram feitas a cada 30 minutos, as enquetes foram aplicadas durante 10 minutos, sendo 05 minutos antes e até 05 minutos depois do horário de coleta. Este procedimento permitiu agrupar as enquetes por horário de coleta e, conseqüentemente, calcular as respectivas médias dos valores atribuídos às sensações térmicas (S) relatadas pelos alunos.

3.2 Tratamento de dados

Os procedimentos metodológicos adotados para o tratamento e análise dos dados foram baseados nos estudos realizados por Araújo (1996) e Xavier (1999), adaptados aos objetivos da presente pesquisa.

Os índices de conforto PET (°C) e PMV foram calculados, através do programa RAYMAN (2002), a partir das variáveis ambientais medidas, considerando o isolamento da roupa e a atividade metabólica, segundo a ISO 7730 (1994).

Para calcular a média da sensação térmica (S) correspondente a cada medição foram descartados os votos de desconforto por calor que mantiveram no quadro de preferência térmica a mesma condição de desconforto relatada. Como exemplo, o estudante que votou no quadro de sensação térmica +2 (com calor) e votou +2 (mais quente) como preferência térmica teve seu voto desconsiderado pela incoerência apresentada.

Foi utilizada regressão linear simples para verificar a correlação entre o PMV calculado a partir das variáveis medidas, e as médias horárias dos valores atribuídos às sensações térmicas (S).

A partir dos resultados das sensações relatadas pelos usuários (S), foi calculado o percentual de insatisfeitos (I) de acordo com a metodologia sugerida por Xavier (1999). Segundo esse autor, as pessoas insatisfeitas devido ao estresse térmico positivo (calor) são aquelas que votaram nos seguintes valores: Muito Quente (+3), Quente (+2) e 50% dos votos para Levemente Quente (+1); e pessoas insatisfeitas devido ao estresse térmico negativo (frio) são as que votaram em Muito Frio (-3), Frio (-2), e 50% dos votos para Levemente Frio (-1).

Os percentuais de insatisfeitos reais (I) foram plotados juntamente com os resultados obtidos para (S) objetivando a verificação da correspondência entre (I) e PDD. Vários tipos de regressão foram testados para identificar a melhor correlação entre (S) e (I), cuja curva vem determinar o valor de (I) para -0,5 e +0,5, limites de conforto do PMV. O próximo passo foi determinar o conjunto de variáveis ambientais – parâmetros de conforto térmico - correspondente a esses percentuais, utilizando a regressão não linear *probit*, método adotado em pesquisas semelhantes (ARAÚJO, 1996; XAVIER, 1999).

A análise de regressão não linear *probit* pode ser definida como um método de modelagem matemática, utilizado para avaliar a associação entre uma variável resposta categórica (Ex.: com ou sem calor) e variáveis independentes (Ex.: temperatura do ar, umidade do ar, dentre outras) que presumidamente afetam o processo a ser descrito (AGRESTI, 2002; GUJARATI, 2000).

Com os valores de (I) determinados para os limites de conforto do PMV (-0,5 e + 0,5), foram construídos gráficos *probit* para cada variável ambiental analisada, obtendo-se os valores destas variáveis para o percentual de insatisfeitos reais (I), e posterior obtenção dos novos limites de conforto para o PMV e o PET (°C). Em seguida, analisou-se a aplicabilidade desses índices na avaliação do desempenho térmico da Sala de Leitura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar a aplicabilidade dos índices de conforto PMV e PET (°C) foram coletados 48 conjuntos de dados climáticos (variáveis ambientais) dentro da sala de leitura e 530 conjuntos de dados (variáveis pessoais e subjetivas) retirados dos questionários aplicados durante as medições.

A partir das enquetes aplicadas foram calculados os seguintes valores médios: idade, 19 ± 4 anos; altura, $1,71 \pm 0,09$ m e peso, 62 ± 12 kg, caracterizando o perfil do usuário da sala de leitura. Em relação às variáveis pessoais foram adotados os seguintes valores: isolamento da vestimenta em 0,5 clo, calculado a partir do fardamento do aluno e a taxa metabólica de 70 W/m^2 , correspondente à atividade de escrita e leitura.

Na Tabela 2, encontram-se os valores médios, máximos e mínimos e respectivos coeficientes de variação (%) das variáveis medidas, a saber: temperatura do ar (Tar, °C), umidade relativa do ar (UR, %), velocidade relativa do ar (Var, m/s), temperatura radiante média (Trm, °C) e temperatura operativa interna (Top, °C). Observa-se que todas as variáveis estudadas possuem pouca dispersão em torno da média, sendo a variável Var a que apresenta maior dispersão entre elas, com coeficiente de variação de 13,04%.

Tabela 2 - Medidas descritivas das variáveis ambientais

Variáveis	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Coefficiente de variação (%)
Top (°C)	27,36	27,74	0,84	25,34	28,44	3,07
UR (%)	68,21	68	4,2	61	75	6,16
Var (m/s)	0,23	0,22	0,03	0,18	0,31	13,04
TBU (°C)	22,36	23,16	0,59	22,26	24,38	2,64
Trm (°C)	26,81	27,18	0,88	24,68	27,98	3,28
Tar (°C)	27,88	28,3	0,88	26	28,9	3,16

Os resultados da Tabela 3 comprovam que a amostra estudada atende aos pré-requisitos definidos pela ISO 7730 para a aplicação do PMV, possibilitando dar seqüência aos estudos sobre a viabilidade da adoção deste índice em clima quente e úmido. A partir da regressão linear entre as sensações relatadas (S) e os valores calculados para o PMV, observa-se que o PMV explica apenas 50,8 % das sensações ($R^2 = 0,5082$), como mostra a Figura 1.

Tabela 3 - Condições para aplicação do PMV e características da amostra

Condições para aplicação do PMV	Características da amostra pesquisada
O valor do PMV calculado deve situar-se entre -2 e +2	+0,7 a +1,5
O isolamento da vestimenta deve situar-se entre 0 e 2 clo	0,5 clo
A taxa metabólica deve situar-se entre 46 e 232 W/m ²	70W/m ²
A velocidade relativa do ar deve situar-se entre 0 e 1 m/s	0,18 e 0,31 m/s
A pressão parcial do vapor deve situar-se entre 0 a 2700Pa	2370 a 2780 Pa

A baixa correlação entre S e PMV pode ser atribuída a um conjunto de fatores: (1) os experimentos para determinação de o PMV foram realizados em câmaras climatizadas, (2) adoção de valores tabelados para a taxa metabólica e para o isolamento térmico das vestimentas (HUMPHREYS, 1992) e (3) a não inclusão de variáveis como hábitos, costumes, aclimação, dentre outras, no cálculo do PMV (XAVIER, 1999).

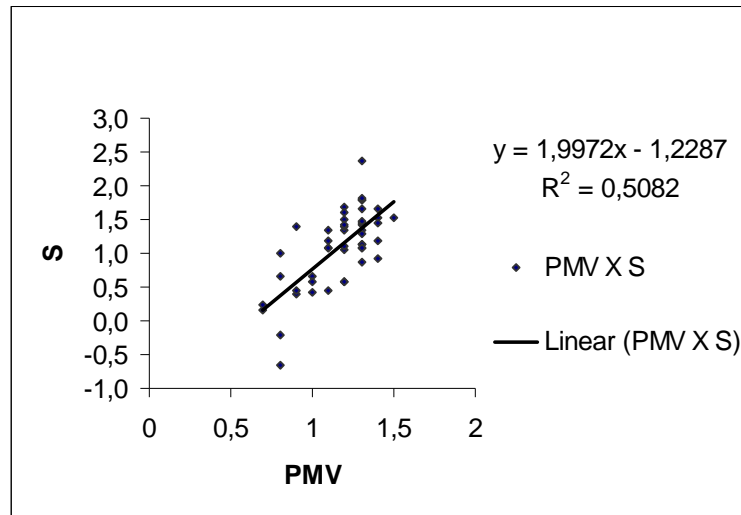


Figura 1 - Correlação entre sensações reais (S) e PMV

Os percentuais de insatisfeitos reais (I) foram calculados para cada medição e plotados juntamente com os resultados obtidos para (S) (Figura 2). A polinomial de ordem 2 (Equação 01) apresentou o melhor coeficiente de determinação ($R^2 = 0,8758$).

$$I = 10,409X^2 + 10,35X + 25,122 \quad [\text{Eq.02}]$$

Substituindo na equação gerada a partir da regressão polinomial o valor de x por -0,5 e +0,5 (intervalo de conforto estabelecido pelo PMV), foram identificados percentuais de insatisfeitos reais (I) de 25% e 33%, respectivamente, valores bem diferentes do percentual teórico de insatisfeitos (PDD) para o mesmo intervalo que é em torno de 10%.

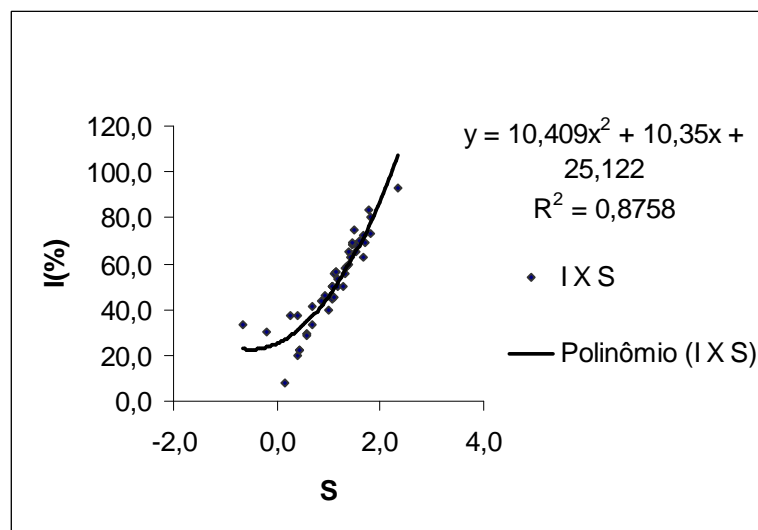


Figura 2 - Percentual de insatisfeitos reais (I) em função das sensações relatadas (S)

A análise estatística aplicada acima (Figura 2) suscitou novas investigações, optando-se por adotar a regressão não linear *probit*, como método estatístico para a proposição dos parâmetros de conforto térmico para cada variável ambiental estudada. A figura 3 mostra um dos gráficos gerados a partir da regressão *probit*, o qual apresenta as curvas limites de conforto térmico em função da temperatura do ar (T_{ar} , °C).

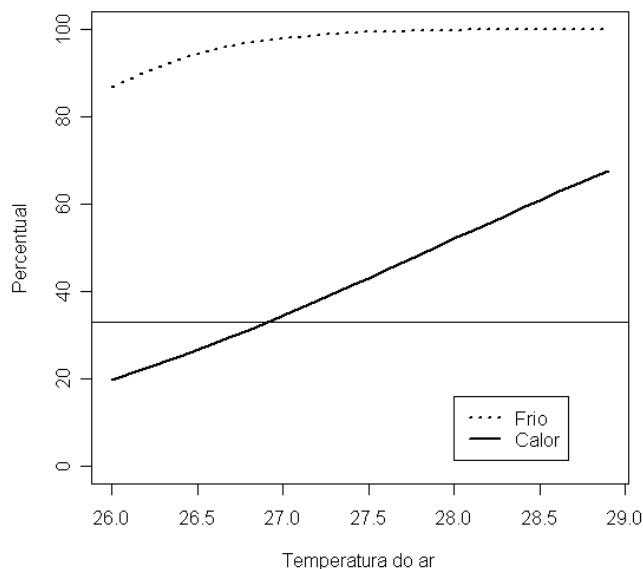


Figura 3 - Curvas limites de conforto térmico em função da temperatura do ar (T_{ar} , °C)

A partir dos percentuais de insatisfeitos reais (I) de 25% e 33%, referentes aos limites de -0,5 a +0,5 do PMV, foram identificados o limite superior de conforto para T_{ar} de 26,9° C e para T_{rm} de 25,8 ° C. Para o percentual de 25%, não foram aplicáveis parâmetros de desconforto por frio, já que esta condição não ocorreu. Para as variáveis ambientais umidade relativa do ar (UR, %), velocidade do ar (V, m/s), não foi possível estabelecer um parâmetro para 33% de insatisfeitos. Este fato pode ser explicado devido a pouca amplitude dos valores observados, sendo as respectivas médias das observações consideradas como novos parâmetros de conforto.

Com os parâmetros estabelecidos de desconforto por calor para cada variável ambiental (T_{ar} = 26,9 °C; T_{rm} = 25,8 °C; UR = 68%; V = 0,17m/s) e os parâmetros adotados para vestimenta e atividade desempenhada, foram calculados os novos limites superiores de conforto para os índices PMV e PET (°C), utilizando o software RAYMAN, como mostra a Tabela 4. Em seguida, analisou-se a aplicabilidade desses índices na avaliação do desempenho térmico da sala de leitura.

Vale ressaltar, que o cálculo de um novo limite superior para o índice PET (°C) foi possível devido a constatação de uma forte correlação linear positiva ($r=0,71291$) e significativa ($p\text{-valor} < 0,0001$) entre os índices PET(°C) e PMV.

Tabela 4 - Novos limites superiores de conforto térmico para os índices PMV e PET (°C)

Dados		PMV	PET (°C)
Tar (°C)	26,9	0,9	26,6
Trm (°C)	25,8		
UR (%)	68		
V(m/s)	0,17		
Vestimenta (clo)	0,5		
Atividade (W)	70		

Utilizando os limites originais de conforto estabelecidos pelo índice PMV, o desempenho térmico da sala de leitura resultaria em condições de desconforto por calor em todo o período medido, com amplitude em relação ao limite superior em cerca de +1,0. Com o novo limite superior adequado às condições climáticas e culturais da amostra pesquisada e igual a 0,9, a mesma sala estaria fora da faixa de conforto a partir das 10:00h da manhã (Figura 4).

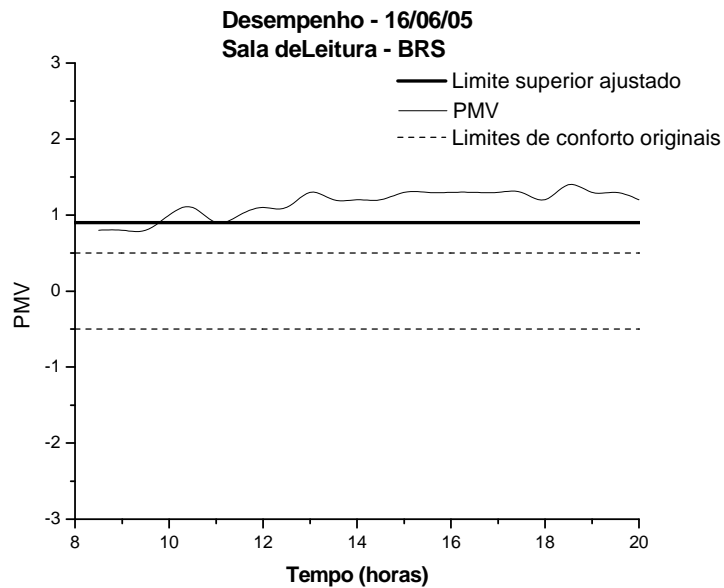


Figura 4 - Desempenho térmico da sala de leitura com o limite superior do PMV ajustado

De maneira semelhante, com o novo limite superior de conforto para o índice PET (°C) ajustado para a sensação térmica equivalente a 26,6 °C, a situação de desconforto por calor se inicia a partir das 10:00h da manhã (Figura 5).

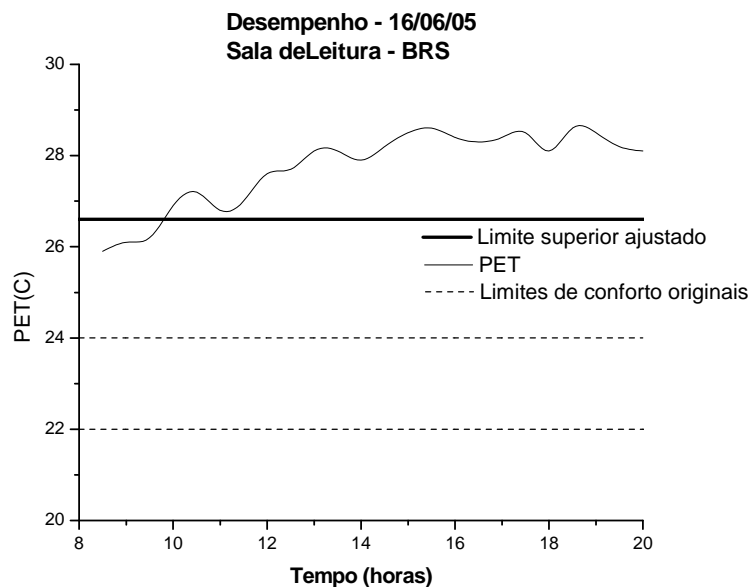


Figura 5 -Desempenho térmico da sala de leitura com o limite superior do PET (°C) ajustado

5. CONCLUSÃO

Os resultados indicaram que os limites superiores de conforto térmico tanto para o PMV quanto para o PET (°C) estão subestimados, ou seja, os alunos estão adaptados às condições térmicas mais elevadas encontradas.

O percentual de insatisfeitos para a amostra pesquisada, obtido para o limite de conforto de +0,5 do PMV foi 33%, diferente do percentual de insatisfeitos (PPD) de 10% indicado pelo PMV para esse mesmo limite. Para o limite inferior de - 0,5, não foi possível estabelecer um percentual porque não houve relatos significativos de desconforto por frio.

O limite superior de conforto do PMV foi ajustado de + 0,5 para + 0,9 e o do índice PET, de 24 °C para 26,6 °C. Assim, as condições térmicas da sala tiveram seus afastamentos dos limites superiores de conforto reduzidos de + 1,0 para + 0,6, em relação ao PMV, e de 5,0°C para 2,0°C, em relação ao PET. Com os novos limites propostos, a sala de leitura passaria a estar acima da faixa de conforto a partir das 10:00 h e não a partir das 8:30 h, o que resulta em economia de energia para refrigeração. Vale ressaltar, que intervenções na arquitetura da BRS utilizando mecanismos passivos melhorariam o ambiente térmico, recorrendo ao uso de mecanismos artificiais de climatização durante um período ainda menor do dia.

Os resultados alcançados neste trabalho não podem ser generalizados para o clima quente-úmido, por terem sido produzidos por uma amostra homogênea de estudantes jovens, com vestimenta de 0,5 clo e atividade metabólica de 70 W. Em relação às condições térmicas estudadas, todas as variáveis ambientais registradas em um ambiente não climatizado resultaram em uma condição ambiental de pouca variabilidade.

Estudos subseqüentes deverão incorporar novas condições tanto da população quanto do ambiente, de modo a se confirmar os limites de conforto obtidos neste trabalho, tendo em vista que o estabelecimento de limites adequados à realidade local devem resultar em projetos bioclimáticos mais ajustados, com implicação direta na economia de energia para refrigeração.

6. REFERÊNCIAS

- AGRESTI, Alan. **Categorical Data Analysis**. 2. Ed. New Jersey: John Wiley & Sons. New Jersey, 2002.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, INC. **Thermal Enviromental Condicions for Human Occupancy, ASHRAE Standard 55-1992**. Atlanta, 1992.
- ANDRADE, T., LYRA, D., NERY, J., FREIRE, T. Conforto Térmico em Biblioteca no Trópico Úmido. In: Anais do VIII ENCAC – IV ELACAC 2005 (Encontros Nacional e Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído). Maceió, ENCAC, 2005.
- ARAÚJO, Virgínia M. D. **Parâmetros de Conforto Térmico para Usuários de Edificações Escolares no Litoral Nordeste Brasileiro**. São Paulo, 1996. Tese Doutorado - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- CIB International Council for Research and Innovation in Building Construction. Agenda 21 on Sustainable Construction. CIB Report Publication 237. Rotterdam, CIB, 1999.
- FANGER, P. O. Thermal comfort, analysis and application in environment engineering. New York: McGraw Hill Book Company. New York, 1972.
- GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture**. 2. Ed. London: Applied Science Publishers. London, 1981.
- GUJARATI, Damodar N. **Econometria Básica**. 2. Ed. São Paulo: McGraw-Hill Inc. São Paulo, 2000.
- GUYTON, A.C. **Fisiologia Humana**. 6a. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988
- HÖPPE, Peter. The physiological equivalent temperature: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**. 1999. 43: 71-75.

- HUMPHREYS, M. A. **Energy Efficient Building**. Oxford, Editado por Roaf, S. E Hancock, M. – Blackwell Scientific Publications, 1992. Cap 1: Thermal Comfort in the Context of Energy Conservation.
- INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STARDARDIZATION. **Hot environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate, ISO 7933**. Genebra, 1989
- _____. **Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PDD indices and specification of the condicions for thermal comfort, ISO7730**. Genebra, 1994.
- _____. **Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales, ISO 10551**. Genebra, 1995.
- NICOL, J. F.; Adaptive Thermal Comfort and Sustainable Thermal Standards in the hot – humid tropics. **Energy and Buildings**, v.36, n.7, JUL, p.628 - 637. 2004
- RAYMAN. RAYMAN 1.2, © 2000 Meteorological Institute of the University of Freiburg, Germany, Disponível em: □<http://www.mif.uni-freiburg.de/rayman/> □. Acesso em: 20 fev. 2004.
- XAVIER, Antonio A. de P.. **Condições de Conforto Térmico para estudantes de 2º Grau na Região de Florianópolis**. Florianópolis, 1999. Dissertação de Mestrado- Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.