

## **ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO E SUA RELAÇÃO COM O ÍNDICE DE INSALUBRIDADE EM UMA ESCOLA PÚBLICA NA CIDADE DE CUIABÁ/MT**

**Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira (1); Flávia Maria de Moura Santos (2); Angela Santana de Oliveira (3); Paulo Celso do Couto Nince (4); Luciane Cleonice Durante (5); Vanessa de Souza Luz(6)**

- (1) Doutora, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, mcjan@ufmt.br  
(2) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, flacba@terra.com.br  
(3) Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia/Cuiabá-MT, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, e-mail: angela\_cefetmt@yahoo.com.br  
(4) Professor do Departamento de Engenharia Civil, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, pnince@ig.com.br  
(5) Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, lucianedurante@uol.com.br,  
(6) Bolsista Iniciação Científica CNPQ, Graduanda do curso de Arquitetura e Urbanismo, e-mail: vanessa\_luz219@hotmail.com  
Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Física, Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Cuiabá-MT, 78000-000, Tel.: (65) 3615 8739

### **RESUMO**

No processo de ensino-aprendizagem que ocorre na sala de aula é necessário que o ambiente físico tenha condições mínimas de conforto, contribuindo positivamente para o desempenho das atividades dos alunos e professores, buscando minimizar, assim, fatores que podem interferir no desempenho psico-educativo dos usuários. Neste contexto, o conforto térmico é um elemento essencial para garantir uma boa condição ambiental, e é muito importante a preocupação com a escolha dos materiais na concepção de projetos escolares. Para investigar esses fatores foi desenvolvido um estudo de caso em uma sala de aula de uma escola estadual localizada em Cuiabá-MT. O objetivo geral deste artigo foi avaliar o conforto térmico e a salubridade do ambiente, bem como identificar as estratégias bioclimáticas que podem minimizar o desconforto. O desempenho térmico da sala de aula, foi avaliado por meio da Carta Bioclimática de Givoni. Caracterizou-se também os microclimas externo e interno e o índice de insalubridade. As coletas de dados foram realizadas em quatro períodos representativos das estações: primavera, verão, outono e inverno. O conforto térmico foi encontrada em 23% das horas avaliadas e desconforto por calor em cerca de 75% dos mesmas. Observou-se que os ambientes mostraram-se salubres para o uso a que são destinados. Através dos resultados concluiu-se que há necessidade de adaptação da arquitetura local para minimizar o desconforto térmico, promovendo o uso eficiente de energia e auxiliando na produção de novos espaços escolares.

Palavras-chave: conforto térmico, sala de aula, estações do ano.

### **ABSTRACT**

In the teaching-learning process that occurs in the classrooms is necessary for the physical environment have the minimum conditions of comfort, contributing positively to the performance of activities of students and teachers, seeking thereby minimize factors that may interfere in performance psycho-educational of the users. In this context, thermal comfort is a key element in ensuring a good environmental condition, and is very important the concern about the choice of materials in the design of school projects. To investigate these factors was developed a case study in a classroom of a state school located in Cuiabá-MT. The aim of this article was to evaluate the thermal comfort and salubrity of the environment and strategies that can minimize the discomfort. The thermal performance of the classroom,

was examined by means of the Charter of Bioclimatic Givoni. Were also characterized the microclimates internal and external and index of insalubrity. The data were collected in four periods representing the seasons: spring, summer, autumn and winter. The thermal comfort was found in 23% of the hours and discomfort assessed by heat at around 75% of them. It was observed that the environments are healthy for the purpose for which they are intended. The results concluded that there need to adapt the architecture to minimize the local thermal discomfort, promoting the efficient use of energy and helping in the production of new school spaces.

Keywords: thermal comfort, classroom, season of the year.

## 1. INTRODUÇÃO

Há uma busca constante de materiais alternativos e adequados para a construção civil, ou seja, materiais disponíveis que minimizem o custo da edificação, mas que principalmente, apresentem características técnicas necessárias para se conseguir um bom desempenho global da construção.

Durante muito tempo, projetava-se levando em consideração apenas aspectos estéticos e tecnológicos, sem a preocupação com o conforto ambiental pós-ocupação da edificação, criando-se ambientes desconfortáveis e impróprios para a qualidade da saúde física e psicológica dos usuários e, sem a preocupação com a eficiência energética da edificação.

Cada vez mais, tem-se buscado a relação conforto ambiental e edificação, já que aumentaram-se as exigências quanto à qualidade do ambiente construído. Além disso, as pessoas começam a se conscientizar dos prejuízos do consumo de energia, tanto econômica como ambientalmente, levando à busca de alternativas para a otimização da edificação, objetivando o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, integrado com as características da vida e do clima local, consumindo a menor quantidade de energia compatível com o conforto ambiental.

Neste contexto, os estudos relacionados ao conforto ambiental vêm aumentando, havendo um crescimento das pesquisas relacionadas a este tema, além da preocupação com estratégias de projeto que beneficiem o ambiente construído.

O conforto térmico não é um conceito exato, já que não implica uma temperatura exata, dependendo de fatores quantificáveis como: temperatura do ar, velocidade do ar, umidade, etc. e de fatores não quantificáveis como: estado mental, hábitos, educação, cultura, etc. Assim, as preferências de conforto das pessoas variam bastante conforme a sua aclimatação particular ao ambiente local (SILVA, 2002; ASHRAE, 2005).

ASHRAE 55 (2004) define conforto térmico como o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. A não satisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente. A norma internacional para averiguar o conforto térmico em ambientes é a ISO 7730 (2005).

As variáveis de conforto térmico estão divididas em variáveis ambientais: temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade relativa do ar; e variáveis humanas: metabolismo gerado pela atividade física e resistência térmica oferecida pela vestimenta. Além dessas, variáveis como sexo, idade, raça, hábitos alimentares, peso, altura etc. podem exercer influência nas condições de conforto de cada pessoa e devendo, portanto, ser consideradas.

Para a obtenção de um ambiente termicamente confortável para os seus usuários, as normas sobre conforto térmico são uma ferramenta essencial. Inicialmente estas normas tinham como principal preocupação definir as condições de conforto térmico, sem considerar os consumos energéticos necessários para atingir o conforto do ambiente, mas devido aos problemas ambientais que são cada vez mais evidentes e à busca do desenvolvimento sustentável, estas normas de conforto térmico têm de considerar formas de atingi-lo com o menor consumo energético possível, contribuindo desta forma com a eficiência energética da edificação.

Em Cuiabá, que apresenta um clima predominantemente quente, acentuado pelo processo desordenado e descontrolado de urbanização, no caso de edificações públicas escolares, têm-se o agravante de possuírem partidos arquitetônicos e sistemas construtivos inadequados para as características climáticas da região, fazendo com que os ambientes destas instituições de ensino não sejam satisfatoriamente confortáveis e salubres ao uso a que se destinam, interferindo conseqüentemente nos hábitos dos usuários.

A palavra insalubre é originária do latim e significa tudo aquilo que não é salubre, que não é saudável, que é doentio, que pode causar uma doença ao longo do tempo (OLIVEIRA & PESSOA, 2006).

No Brasil, de acordo com a Norma Regulamentadora NR-15, uma atividade ou operação é considerada insalubre se o seu desenvolvimento se processa, dentre outros fatores, acima dos limites de tolerância previstos nos anexos da norma de segurança e medicina do trabalho.

O Anexo N° 3 da NR-15 trata dos limites de tolerância para exposição ao calor. Segundo esse Anexo, a exposição ao calor deve ser avaliada através do Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo (IBUTG), índice esse que “representa o efeito combinado da radiação térmica, da temperatura de bulbo seco, da umidade e da velocidade do ar” (COUTINHO, 1998 apud OLIVEIRA & PESSOA, 2006).

As avaliações de calor efetuadas através do IBUTG estão sujeitas a variações climáticas que dependem das estações do ano. No entanto, para efeito da estipulação de medidas preventivas, devem ser consideradas sempre as piores condições ambientais a fim de atender às exigências de salubridade para os usuários dos ambientes.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo foi avaliar o conforto térmico e salubridade de um ambiente escolar em Cuiabá-MT, através de medições de temperatura, umidade relativa do ar em pontos internos e externos de uma sala de aula, de forma que se verifique as condições a que estão expostos os usuários do ambiente.

## 3. MATERIAL E MÉTODO

### 3.1. Material

#### 3.1.1. Escolha da área de estudo

Foi escolhida uma escola da rede estadual de ensino, localizada na região leste do município de Cuiabá-MT, com o mesmo partido arquitetônico utilizado em grande maioria das instituições da rede pública do estado, com o agravante da localização em área central densamente urbanizada.



Figura 1 – Localização da escola analisada  
Fonte: Google Earth

Para análise das variáveis foi escolhido um ambiente de sala de aula, denominado Sala 01. A sala de aula analisada possui área de 50,53m<sup>2</sup>, a fachada principal possui orientação nordeste, ficando a fachada noroeste desprotegida, já que não possui nenhuma barreira para a insolação direta (Figura 2). A superfície do entorno é de brita na cor cinza, e com apenas uma árvore ainda de pequeno porte.



Figura 2 – Localização da Sala 01

Como caracterização do envelope, a sala de aula possui paredes em bloco de concreto com revestimento externo com tinta esmalte na cor laranja e tinta acrílica na cor amarela. Internamente, o ambiente é revestido por azulejos brancos e tinta esmalte na cor amarela. A cobertura é de telhas de fibrocimento, com forro em laje na cor branca. O ambiente possui quatro esquadrias metálicas, sendo duas com peitoril de 2m e duas com peitoril de 0,80m. O piso é em granilite.

### 3.2. Método

Os dados foram coletados de forma direta, no ambiente quando ocupado e, registrados manualmente pelos pesquisadores a cada hora do dia, em horário de aula – 8h às 11h no período matutino e 13h às 17h no período vespertino, durante 10 dias não consecutivos, em cada estação do ano de 2007 (Quadro 1). Na estação da primavera, não foram registrados dados nos últimos horários de cada período – 11h e 17h, pois devido a baixa umidade as aulas eram interrompidas e os alunos dispensados.

Quadro 1– Períodos de coleta de dados

| Estação do ano | Período de coleta   |
|----------------|---------------------|
| Verão          | 05/03/07 à 16/03/07 |
| Outono         | 23/04/07 à 11/05/07 |
| Inverno        | 20/08/07 à 31/08/07 |
| Primavera      | 01/10/07 à 17/10/07 |

Para caracterização do microclima foram coletados dados da temperatura externa com um psicrômetro, este protegido por um abrigo termométrico da influência da radiação solar direta e circulação demasiada de ventos, e temperatura interna com um termômetro de globo de leitura digital modelo TGD-100, COD. 02043, da marca INSTRUTHERM colocado a altura de 1,10m do nível do solo sobre banco, considerando-se as especificações da norma ISO-7726 (1998) (Figura 3), obtendo-se assim, dados diretos de temperatura de bulbo seco e temperatura de globo e dados indiretos de umidade relativa a partir das temperaturas de bulbo seco e úmido do ambiente com ventilação natural.

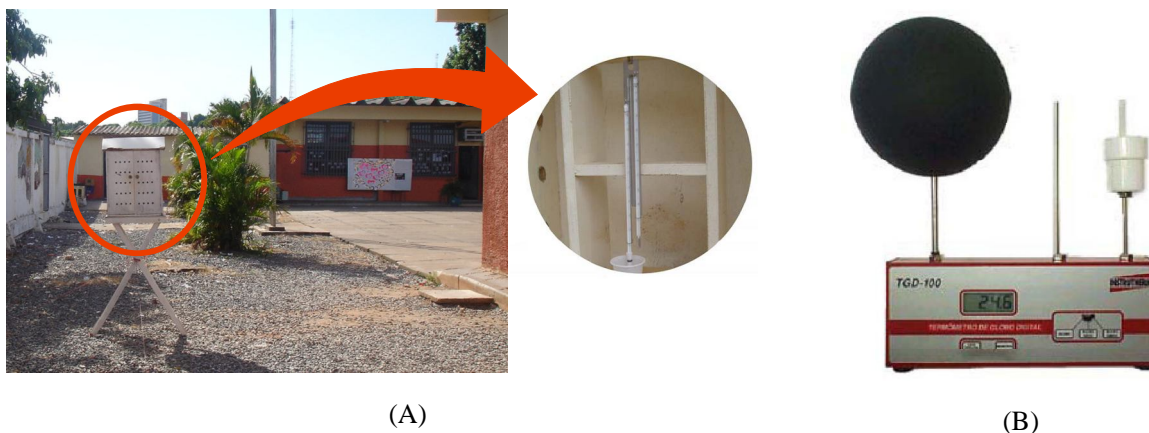


Figura 3 – Abrigo termométrico com detalhe do psicrômetro (A) e Termômetro de globo (B)

Os dados foram plotados em cartas psicrométricas através do programa ANALYSIS 1.5 desenvolvido pelo LABEEE (2003) – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da UFSC, tornando possível a verificação dos pontos na área de conforto. Através do programa *Analysis Bio* foram utilizados os relatórios de saída das cartas psicrométricas para a qualificação dos dados de forma a identificar as horas em conforto e em desconforto, assim como as estratégias bioclimáticas necessárias para alcançar a zona de conforto térmico.

Para a avaliação da insalubridade do ambiente foi calculado o índice de insalubridade utilizando-se a NR 15(BRASIL, 1978) - Atividades e Operações Insalubres para limites de tolerância para exposição ao calor.

Considerando-se os ambientes analisados sem carga solar, utilizou-se a equação 1 com dados de temperatura radiante e temperatura de bulbo úmido para o cálculo do IBUTG chegando-se as médias do período da manhã e da tarde em cada estação do ano.

$$IBUTG = 0,7t_{bn} + 0,3t_g \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:  $t_{bn}$  = temperatura de bulbo úmido natural

$t_g$  = temperatura de globo

De posse do IBUTG, foi feita a classificação da atividade avaliada, admitindo-se como do tipo leve, com regime de trabalho no próprio local por hora, sendo considerado um tempo de 45 minutos em trabalho e 15 minutos em descanso.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1. Caracterização do microclima

A caracterização do clima no qual está inserido a edificação em estudo foi feito através da análise de temperatura e umidade do ambiente analisado, para a avaliação do comportamento térmico.

Na Tabela 1 observa-se que a média global do TBS interno é de  $30,3 \pm 4,8$  enquanto que do TBS externo é de  $29,4 \pm 5,8$ , demonstrando que em relação à temperatura do ar, o ambiente externo registra temperaturas mais amenas que o interno, sendo portanto mais confortável.

Para dados do TBS interno a temperatura máxima registrada foi de  $38,5^\circ\text{C}$  e a mínima de  $17,8^\circ\text{C}$ . Para a temperatura de globo (TG) a máxima foi de  $38,8^\circ\text{C}$  e a mínima foi de  $18,1^\circ\text{C}$ , dados próximos ao do TBS interno. O TBS externo registrou a temperatura máxima de  $39,0^\circ\text{C}$  e mínima de  $14,0^\circ\text{C}$ .

A umidade relativa registrou média global de  $61 \pm 14\%$ , apresentando a estação da primavera a menor média com  $54 \pm 11,0\%$  que é a mais seca na região junto com a estação do inverno que teve média bem próxima com  $55 \pm 14,9\%$ . A umidade máxima registrada foi de  $97\%$  e a mínima de  $27\%$ .

Tabela 2- Média ( $\pm$ DP\*) das temperaturas e umidade relativa na Sala 01

| Variável            | TBS (interno) ( $^\circ\text{C}$ ) | UR (%)        | TG ( $^\circ\text{C}$ ) | TBS (externo) ( $^\circ\text{C}$ ) |
|---------------------|------------------------------------|---------------|-------------------------|------------------------------------|
| <b>Verão</b>        | $32,5 \pm 2,4$                     | $64 \pm 8,6$  | $32,8 \pm 2,6$          | $31,6 \pm 3,1$                     |
| <b>Outono</b>       | $28,4 \pm 4,9$                     | $69 \pm 15,4$ | $28,7 \pm 4,9$          | $27,0 \pm 5,9$                     |
| <b>Inverno</b>      | $27,5 \pm 5,1$                     | $55 \pm 14,9$ | $27,8 \pm 5,0$          | $26,6 \pm 6,7$                     |
| <b>Primavera</b>    | $33,4 \pm 3,0$                     | $54 \pm 11,0$ | $33,6 \pm 3,1$          | $32,9 \pm 3,7$                     |
| <b>Média Global</b> | $30,3 \pm 4,8$                     | $61 \pm 14,0$ | $30,6 \pm 4,8$          | $29,4 \pm 5,8$                     |

\* DP – Desvio Padrão

Em todas as estações as temperaturas internas apresentam-se maiores que as externas, demonstrando uma ineficiência climática da Sala 01, tornando o ambiente externo mais agradável para o desempenho das atividades.

Observa-se que na estação do verão (Figura 4), outono (Figura 5) e primavera (Figura 7) TBS interno e TG nos primeiros horários de coleta apresentaram comportamentos semelhantes, e no período da tarde a temperatura radiante registra dados mais altos mas ainda próximos. Na estação do inverno (Figura 6) o TBS interno apresentou o comportamento dos valores sempre de forma crescente durante todos os horários, ficando em grande parte das horas inferiores aos de TG, superando-os a partir das 16h quando se registrou  $30,8^\circ\text{C}$  enquanto a temperatura radiante ficava em  $30,6^\circ\text{C}$ .

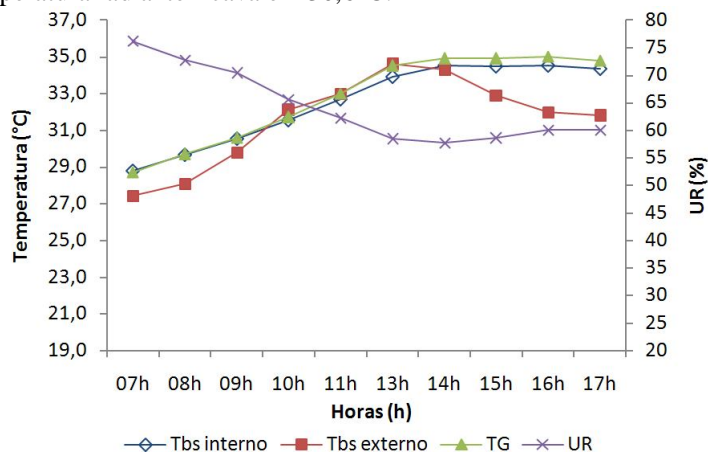


Figura 4 – Desempenho térmico da Sala 01 na estação do verão



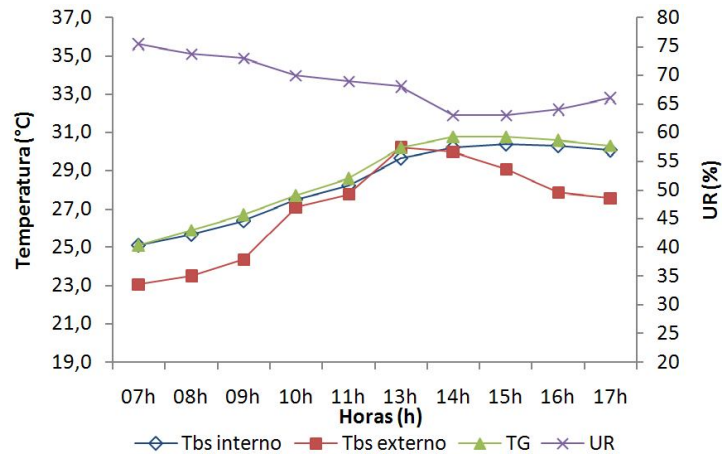


Figura 5 – Desempenho térmico da Sala 01na estação do outono

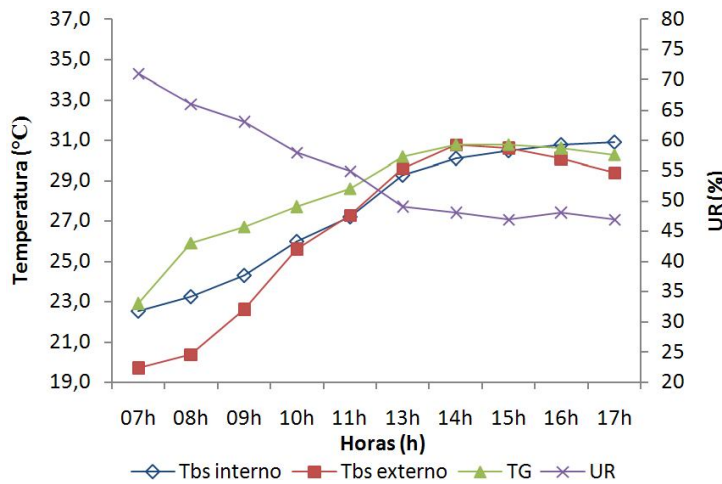


Figura 6 – Desempenho térmico da Sala 01na estação do inverno

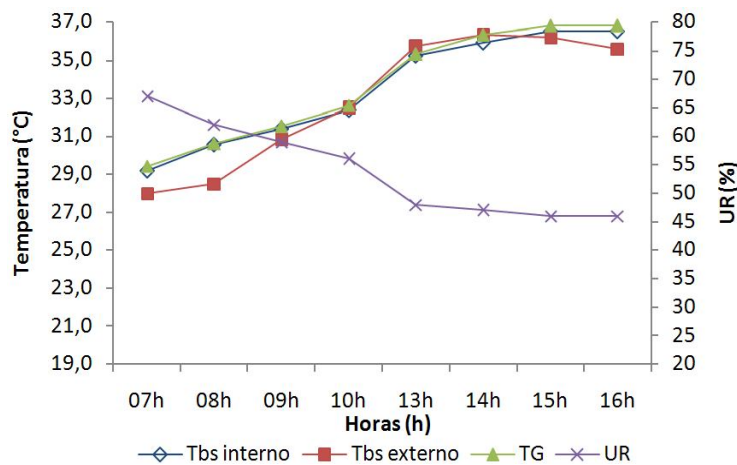


Figura 7 – Desempenho térmico da Sala 01na estação da primavera

Quanto ao Tbs externo, em todas as estações do ano registrou-se temperaturas inferiores ao ambiente interno em grande parte dos horários, ocorrendo a inversão principalmente em horários de transição dos alunos – no início e final dos turnos escolares. Na estação do verão a temperatura máxima registrada pelo TBS externo foi de 37,5°C e a mínima de 25,0°C. No outono, a máxima foi de 36,0°C e a mínima de 14,0°C.

No inverno, observa-se que no início do dia os valores de TBS externo apresentam considerável diferença de até 2,8°C às 7h, diminuindo durante as horas da manhã e chegando a inverter nas horas com maior insolação, voltando a cair nos últimos horários. O valor máximo registrado de TBS externo foi de 39,0°C e mínimo de 16°C. Na primavera, chegou-se aos valores máximo e mínimo de TBS externo de 39,0°C e 25,0°C, respectivamente.

Quanto à umidade relativa, nas quatro estações do ano foram registrados os maiores índices nas primeiras horas do dia, advinda pela alta umidade do período noturno. Nas estações mais secas na região, inverno e primavera, foram registrados índices baixos – 27% e 36%, respectivamente, causando desconforto aos usuários agravado pela incidência de fumaça proveniente do período de queimadas no estado, justificando na estação da primavera a dispensa dos alunos nos últimos horários de aula.

#### 4.2. Avaliação do conforto térmico

Os resultados foram apresentados através de tabelas e figuras resultantes dos softwares utilizados - Analysis 1.5 e Analysis Bio, com parâmetros bioclimáticos definidos por Givoni (1992). A Figura 8 é da Carta Bioclimática para Sala 01 das quatro estações analisadas, com 382 horas de dados, observando-se uma maior concentração dos dados na zona 5 que corresponde a necessidade do uso de ar condicionado.

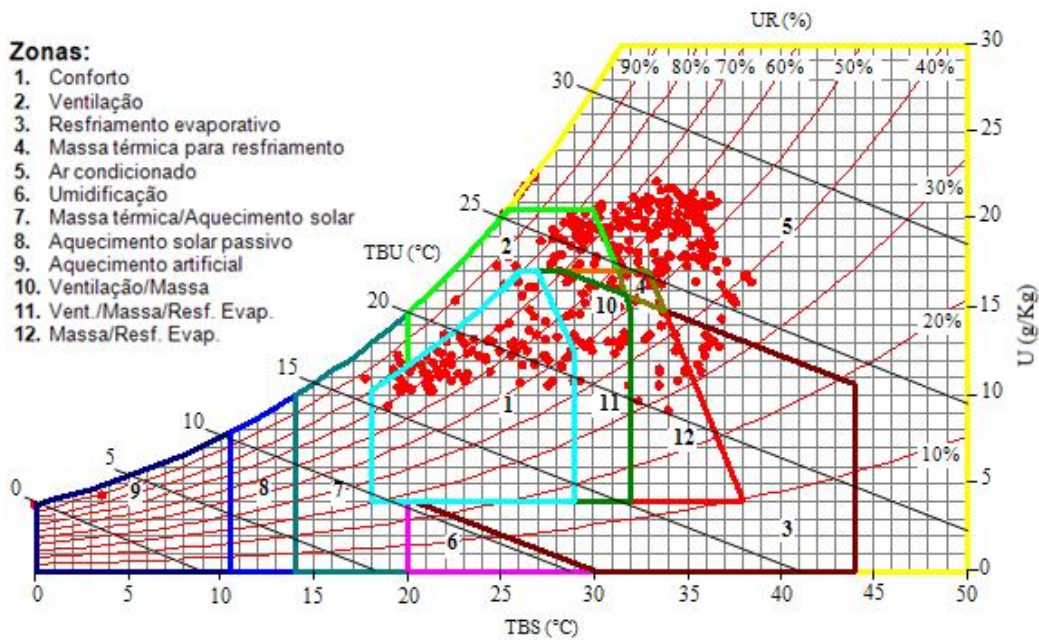


Figura 8 – Carta Bioclimática para Sala 01, correspondente as quatro estações

Como resultado da plotagem dos dados da Sala 01, obteve-se o relatório de saída (Tabela 2) através do programa Analysis Bio.

Tabela 2- Relatório de saída para a Sala 01

|                     |                        |  |                                       |
|---------------------|------------------------|--|---------------------------------------|
| Ano: 2007           |                        |  |                                       |
| Total de horas: 382 |                        | Pressão: 101,39 kPa                    |                                       |
| <b>Conforto</b>     |                        |  | 23,0%                                 |
| <b>Desconforto</b>  | CALOR                  | Ventilação: 23,0%                      | 75,1%                                 |
|                     |                        | Massa térmica para resfriamento: 15,4% |                                       |
|                     |                        | Resfriamento evaporativo: 15,7%        |                                       |
|                     | Ar condicionado: 43,2% | 1,9%                                   |                                       |
|                     | FRIO                   |  | Massa térmica/Aquecimento solar: 1,3% |
|                     |                        | Aquecimento artificial: 0,6%           |                                       |
| <b>Sombreamento</b> |                        |  | 96,3%                                 |

De acordo com o relatório final, o ambiente está em 23,0% na condição de conforto e 77,0% de desconforto, sendo que 75,1% por calor e apenas 1,9% por frio, que pode ser justificado com o período após e durante a “friagem” que é um forte declínio na temperatura do ar, com céu limpo e pouca umidade específica e sua duração é, em média, de três a quatro dias.

Para que seja possível amenizar o desconforto por calor é necessária a ventilação em 23,0% e o uso do ar condicionado em 43,2% das horas, ainda é sugerido o uso de massa térmica para resfriamento em 15,4% e resfriamento evaporativo em 15,7% das horas. Quanto ao desconforto por frio, é sugerido o uso de massa térmica/aquecimento solar em 1,3% e aquecimento artificial em 0,6% das horas. O sombreamento também é necessário em 96,3% das horas para conseguir a condição de conforto.

As condições para conseguir o conforto também são indicadas de forma mais específica pelas estratégias bioclimáticas por zonas (Tabela 3) que mostrou entre as necessidades mais relevantes estão o uso do ar condicionado em 43,2% e da ventilação em 13,6%, que são condicionamentos ativos, ou seja, utiliza o uso da energia elétrica.

Tabela 3- Estratégias Bioclimáticas por zonas do TRY para Sala 01

| Estratégias Bioclimáticas                               | %     |
|---|-------|
| 1. Conforto   | 23,0  |
| 2. Ventilação   | 13,6  |
| 3. Resfriamento Evaporativo                             | 2,88  |
| 4. Massa Térmica p/ Resfriamento                        | 1,57  |
| 5. Ar Condicionado                                      | 43,2  |
| 6. Umidificação   | 0     |
| 7. Massa Térmica/Aquecimento Solar                      | 1,31  |
| 8. Aquecimento Solar Passivo                            | 0     |
| 9. Aquecimento Artificial                               | 0,524 |
| 10. Ventilação/Massa térmica                            | 1,05  |
| 11. Ventilação/ Massa térmica /Resfriamento Evaporativo | 8,38  |
| 12. Massa térmica/Resfriamento Evaporativo              | 4,45  |

### 4.3. Índice de insalubridade

Os maiores valores de temperatura de IBUTG encontrados na Sala 01 (Figura 9) ocorreram sempre no período da tarde, com o maior índice na estação do verão com 29,6°C seguido da primavera com 29,27°C.

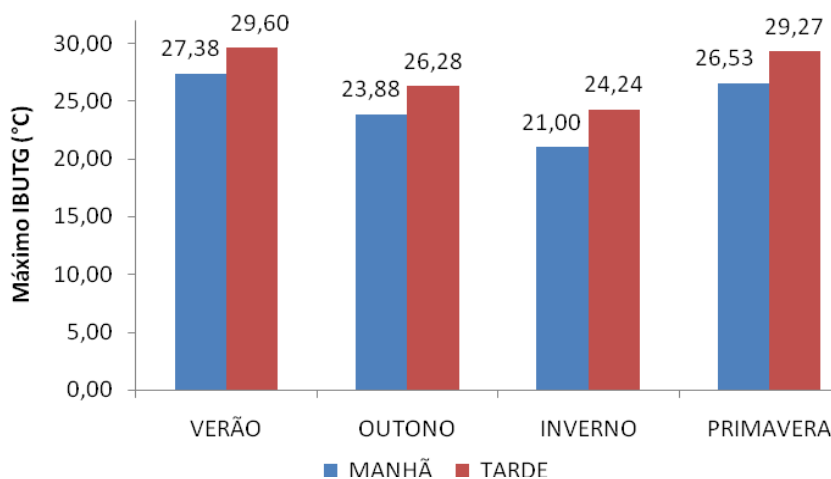


Figura 9 – Índice de insalubridade por período do dia - Sala 01

Posteriormente, com os valores encontrados de IBUTG, é feita a classificação da atividade avaliada em uma das três categorias - Quadro 2, em que uma atividade pode ser considerada como do tipo leve, moderada ou pesada, em função das taxas de metabolismo, em kcal/h, relacionadas ao esforço físico despendido pelo usuário do ambiente na realização das tarefas.



Quadro 2– Taxas de metabolismo por tipo de atividade

| <b>TIPO DE ATIVIDADE</b>  | <b>kcal/h</b> |
|---|---------------|
| SENTADO EM REPOUSO  | 100           |
| <b>TRABALHO LEVE</b>  |               |
| Sentado, movimentos moderados com braços e tronco                         | 125           |
| Sentado, movimentos moderados com braços e pernas                         | 150           |
| De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços | 150           |
| <b>TRABALHO MODERADO</b>  |               |
| Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas                         | 180           |
| De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, com alguma movimentação      | 175           |
| De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com algum movimentação    | 220           |
| Em movimento, trabalho moderado de levantar ou Empurrar                   | 300           |
| <b>TRABALHO PESADO</b>  |               |
| Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos             | 440           |
| Trabalho fatigante  | 550           |

Fonte: Quadro Nº 3, Anexo Nº 3, NR-15

A atividade desenvolvida em sala de aula foi considerada do tipo leve, considerando-se o usuário sentado, com movimentos moderados com braços e tronco, chegando-se a taxa de metabolismo de 125 kcal/h.

Finalmente, com o valor do IBUTG e com a classificação da atividade em leve, entra-se com esses dois parâmetros no Quadro 3, que relaciona os Regimes de Trabalho Intermitentes com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora), verificando-se se o Regime de Trabalho em vigor é compatível com os dados levantados, ou se há necessidade de uma modificação de forma a adequá-lo às características da atividade e dos índices apurados.

Quadro 3– Regime de Trabalho em Função do IBUTG e da Atividade

| <b>Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho (p/h)</b> | <b>Tipo de atividade</b> |                 |               |
|--|--------------------------|-----------------|---------------|
|  | <b>Leve</b>              | <b>Moderada</b> | <b>Pesada</b> |
| Trabalho contínuo  | até 30,0                 | até 26,7        | até 25,0      |
| 45 minutos trabalho<br>15 minutos descanso   | 30,1 a 30,6              | 26,8 a 28,0     | 25,1 a 25,9   |
| 30 minutos trabalho<br>30 minutos descanso   | 30,7 a 31,4              | 28,1 a 29,4     | 26,0 a 27,9   |
| 15 minutos trabalho<br>45 minutos descanso   | 31,5 a 32,2              | 29,5 a 31,1     | 28,0 a 30,0   |
| Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle              | acima de 32,2            | acima de 31,1   | acima de 30,0 |

Fonte: Quadro Nº 1, Anexo Nº 3, NR-15

O regime de trabalho na sala de aula avaliada foi classificado em 45 minutos de trabalho e 15 minutos de descanso, ficando todos os valores de temperatura dentro do limite estabelecido pela norma de 30,1°C a 30,6°C, portanto o regime de trabalho é compatível com os dados levantados, sendo o ambiente considerado salubre.

## 5. CONCLUSÕES

Quanto à caracterização do microclima, as temperaturas externas da sala analisada apresentaram mais agradáveis que a interna nas quatro estações avaliadas, demonstrando o desconforto a que estão submetidos os usuários, agravado pela baixa umidade relativa do ar na região, principalmente na época de seca.

Na avaliação do conforto térmico utilizando a carta bioclimática, além dos relatórios de saída gerados pelo programa AnalysisBio, as salas apresentaram grande percentagem das horas em desconforto, exigindo-se sombreamento em quase 100% das horas e uso de aparelhos elétricos para amenizar a sensação de calor, principalmente o uso de ar condicionado.

Na análise da insalubridade dos ambientes, concluiu-se que a sala de aula é salubre para o uso a que é destinada, mesmo exposta a condições de desconforto por calor em todas as estações do ano, sendo a

primavera o período mais crítico com altas temperaturas e baixa umidade, agravadas pela fumaça das queimadas na região, justificando a dispensa dos alunos dos últimos horários, além da suspensão das aulas de educação física.

## 6. REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS - ASHRAE 55: **Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta: ANSI, 2004
- \_\_\_\_\_. **Fundamentals Handbook**. Atlanta, 2005.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR 15/1978 – Atividades e operações insalubres**. Rio de Janeiro, 1978.
- COUTINHO, A.S. **Conforto e Insalubridade Térmica em Ambientes de Trabalho**. João Pessoa: Edições PPGE, 1998
- GIVONI, B. **Comfort climate analysis and building design guidelines**. *Rev. energy and buildings*: v.18, n.1, p. 11-23, 1992.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 7726: Ergonomics of Thermal Enviroments – Instruments for measuring physical the thermal environment, 1998.
- \_\_\_\_\_. ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. [S.l.], 2005.
- LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES (LABEEE) (2003) **Analysys Bio v2.1**. Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC, Florianópolis/SC.
- LAMBERTS, R; GHISI, E; ABREU, A. L. P.; CARLO, J. C.; BATISTA, J. O. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis : Apostila – Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.
- OLIVEIRA, R.F.A.& PESSOA, V.M.N. Índice de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG), vestimenta condutiva e perda de peso de eletricitas do grupo de manutenção de linhas energizadas da companhia energética de Alagoas (CEAL): uma correlação arriscada não amparada pelo Anexo nº 3 da R-15. In. Encontro Nacional de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 2006, **Anais**, Fortaleza, CE, 9p.
- SILVA, P.C.P. **Análise do comportamento térmico de construções não convencionais através de simulação em visualdoe**. Dissertação (Mestrado em engenharia civil), Universidade do Porto, Portugal. 2002.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ELETROBRAS/PROCEL e à FAPEMAT pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.