

## **DETERMINAÇÃO DE ZONA DE CONFORTO TÉRMICO PARA AMBIENTES ESCOLARES EM TERESINA**

**SILVEIRA, Ana Lucia R. C. (1) KALLAS, Luana E. (2) RIBEIRO, Sanderland C. (3)**

(1) Mestre em Arquitetura, Prof<sup>a</sup> dos Cursos da Arquitetura e Urbanismo da UFPI e do Instituto Camillo Filho, Centro de Tecnologia, Campus Ininga, Teresina/Piauí – e-mail: c\_silveira@uol.com.br (2) Aluna Curso Arquitetura UFPI (3) Bolsista iniciação científica UFPI

### **RESUMO**

Os índices e zonas de conforto mais utilizados no Brasil foram elaborados em outras regiões e poucos estudos foram feitos sobre a realidade climática local. Este trabalho procura determinar as condições de conforto térmico em edificações escolares de Teresina que não utilizam ar-condicionado, pesquisando as variáveis climáticas e as sensações térmicas dos usuários em salas de aula. Foram coletados dados em duas escolas públicas do município. Os limites de conforto determinados pela pesquisa foram comparados com os propostos por Olgyay, Givoni e Koenigsberger, evidenciando as diferenças existentes entre eles. A análise dos resultados demonstra a necessidade de estudos sobre a adequação das zonas de conforto à realidade climática da região, visando a construção de edificações escolares termicamente confortáveis.

### **ABSTRACT**

The indexes and comfort charts more used in Brazil were elaborated in different regions and few studies were carried out about the local climatic conditions. This work tries to determine the thermic conditions of comfort in Teresina school edifications without air-conditioner, searching the climatic variations and the students sensations in the classrooms. It were colleted informations at two public schools. The comfort limits determined by the research were compared with the limits proposed by Olgyay, Givoni and Koenigsberger, making evidence the distinctions among them. The research analysis show the necessity of improving and adjusting the comfort charts to the regional climatic reality, having in view the construction of thermal comfortable school buildings.

### **1.INTRODUÇÃO**

Este trabalho tem como objetivo principal determinar a zona de conforto para usuários de edificações escolares climatizadas naturalmente em Teresina, considerado-se a ausência de estudos específicos sobre a sensação de conforto e as variáveis climáticas dessa região. As zonas de conforto ou cartas bioclimáticas mais utilizadas no Brasil foram elaboradas com base em dados de outros locais, tornando-se necessário o estudo de sua aplicabilidade em projetos de prédios escolares na região. Pesquisas desta natureza já foram realizadas em outras regiões brasileiras, como o trabalho de ARAÚJO (2001), feito sobre as condições de conforto térmico em edificações escolares em Natal-RN. Os resultados deste trabalho são importantes para analisar melhor a aclimação dos usuários ao clima, evitando as situações de desconforto, destacando as de conforto, e servem de indicativo na elaboração das estratégias bioclimáticas a serem utilizadas nos projetos de arquitetura para prédios escolares.

## 2.REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O conforto térmico e suas variáveis

Para se projetar um edifício de maneira que seus ambientes ofereçam as melhores condições térmicas aos usuários, é preciso o conhecimento acerca das necessidades humanas de conforto, em função das atividades que realizam, da vestimenta e das variáveis climáticas do local.

O conforto térmico de um ambiente é “ a variedade das condições climáticas consideradas confortáveis e aceitáveis dentro dos edifícios. Implica a ausência de qualquer sensação de desconforto térmico (de calor ou de frio)” (Givoni, 1997,p.3).

Olgyay (1963,p.14) define a zona de conforto como “as condições em que o homem consegue obter equilíbrio biológico com o meio ambiente, gastando para isto o mínimo de energia e assim a maior parte de sua energia estará livre para a realização de outras tarefas”.

Apesar de ser imprescindível para a plena realização das atividades humanas, a necessidade de conforto é evidenciada na sua ausência, ou seja, nas situações de desconforto térmico. Conforme Izard e Guyot (1980,p.177), “o conforto térmico existe quando, para uma atividade sedentária e uma dada vestimenta, os sistemas termo-reguladores do corpo humano não têm que intervir para atingir o equilíbrio térmico entre o corpo humano e o meio ambiente

Apenas parte da energia produzida pelo metabolismo é aproveitada na realização de atividades e para manutenção do organismo. O restante deve ser dissipado para o exterior sob forma de calor. Esse calor é dissipado por meio dos mecanismos de trocas térmicas entre o corpo humano e o meio ambiente, que são a radiação, a convecção, a condução e a evaporação do suor. O equilíbrio entre os ganhos e perdas de calor entre o homem e o ambiente depende das condições climáticas, ou seja, da temperatura do ar, da umidade relativa, da velocidade do ar e da temperatura média radiante, bem como da atividade que está sendo realizada e da vestimenta.

A manutenção da temperatura interna do corpo humano dentro de estreitos limites, em torno de 37°C, estando exposto a uma grande variedade de condições climáticas, faz-se por meio do sistema termoregulador. Entretanto, o organismo humano, de acordo com Frota e Schiffer (1995, p.20) só “experimenta sensação de conforto térmico quando perde para o ambiente, sem recorrer a nenhum mecanismo de termoregulação, o calor produzido pelo metabolismo compatível com a sua atividade”.

As trocas de calor entre o organismo humano e o meio ambiente ocorrem na pele, o principal órgão termoregulador do organismo. Sua temperatura, em torno de 33 a 34°C em ambientes internos (Givoni, 1997, p.15), serve de parâmetro para as sensações de frio ou calor.

### 2.2 Índices e Zonas de Conforto

O estabelecimento dos limites para as condições aceitáveis de conforto térmico nos ambientes térmicos tem implicações no projeto do edifício, na escolha dos materiais, na utilização da ventilação natural, na necessidade de climatização artificial e no consumo de energia para refrigeração ou aquecimento dos ambientes. É, pois, um dado importante para a tomada de decisão acerca da solução arquitetônica a ser adotada.

Numerosos trabalhos sobre o estabelecimento de índices e zonas de conforto foram realizados desde o início do século XX visando, inicialmente, a estudar as relações entre as condições termo-higrométricas e o rendimento do trabalho. Entre eles, podemos destacar os trabalhos de Winslow (1916), Yaglow e Houghten (1923), Vernon e Warner (1932) *apud in* Frota e Schiffer (1995) e os de Olgyay (1963), Webb (1966), Fanger (1972), Koenigsberger (1977) e Givoni (1997).

Todos esses índices e zonas de conforto foram elaborados a partir de pesquisas realizadas com determinada população, realizando certa atividade, com determinada vestimenta e condições climáticas específicas. Servem de referência, mas não devem ser aplicados diretamente em outras situações climáticas e outra população.

Frota e Schiffer (1995,p.29) sugerem para a aplicação dos índices “uma análise prévia das condições climáticas locais e as relações entre as variáveis consideradas na obtenção do índice e a respectiva *zona de conforto* determinada sobre os gráficos”.

Entre os diversos índices e zonas de conforto, escolhemos três para o estudo comparativo realizado nas escolas em Teresina, apresentados a seguir:

- Carta Bioclimática de Olgyay (1963):

Olgyay estabelece uma zona de conforto delimitada sobre gráfico construído com a umidade relativa na abcissa e a temperatura de bulbo seco na ordenada. Segundo o autor, a zona de conforto compreende as temperaturas de bulbo seco entre 22 e 30° C e umidade relativa do ar entre 30 e 65%, para atividade sedentária, e 1 clo de vestimenta, para climas quentes. Para pontos fora da zona de conforto, a carta sugere medidas corretivas para restaurarem as condições de conforto, tais como ventilação, umidificação e necessidade de radiação solar. Seus estudos foram feitos com habitantes da zona temperada dos Estados Unidos, em atividade sedentária. Entre as restrições feitas a esta carta está o fato de ter sido ela elaborada para condições do ambiente externo e não do ambiente interno.

- Zona de Conforto de Koenigsberger et al (1977) – Gráfico de Temperatura Efetiva:

Os autores propõem uma zona de conforto indicada no monograma da Temperatura Efetiva (TE). A TE foi originalmente definida por Houghton e Yaglou (1923) como a temperatura do ar calmo e saturado, a qual produziria, na ausência de radiação, o mesmo efeito da temperatura em questão. Integra os efeitos de três variáveis: a temperatura do ar, a umidade relativa e o movimento do ar. A TE pode ser determinada diretamente no monograma, pelos valores da temperatura de bulbo úmido, temperatura de bulbo seco e velocidade do ar. A zona de conforto proposta por Koenigsberger, baseado em estudos realizados na Austrália e Singapura, estabelece os limites de 22 a 27°C para a TE e velocidade do ar entre 0,15 e 1,5 m/s, como confortáveis para a maior parte das regiões tropicais.

- Carta Bioclimática para Edifícios de Givoni (1997)

A partir de estudos realizados em Israel em 1976, Givoni propõe uma zona de conforto indicada sobre um gráfico psicométrico que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa e absoluta. De acordo com Lamberts (1997, p.104), “se baseia em temperaturas internas do edifício”, ao invés da temperatura do ar externo. A BBCC (Building Bio-Climatic Chart) sugere limites para as condições climáticas desejáveis, bem como estratégias de projeto para atingir essas condições. O trabalho foi ampliado em 1992 para as regiões de clima quente e países em desenvolvimento, onde o uso de ar condicionado nos edifícios não é generalizado e, dadas a aclimação e expectativas de conforto dos habitantes, a zona de conforto pode ser estendida dentro de certos limites, como mostra o autor.

### **2.3 O clima de Teresina**

Teresina situa-se a 5°05' de latitude sul e a 42°49'W de longitude. Com altitude média de 72 m, ocupa uma área entre dois rios, o Parnaíba e o Poti, considerada de grande depressão em relação ao relevo regional. De acordo com a classificação de Köppen, o clima de Teresina é tropical (Aw) megatérmico, com amplitude térmica anual menor que 5°C; caracteriza-se por ser um clima tropical continental, com duas estações bem definidas, uma seca e outra úmida. A seguir os valores de alguns elementos climáticos:

- Temperatura

As temperaturas médias mensais são elevadas, estando a média anual em torno dos 27,8°C. A variação das temperaturas médias mensais durante um ano é inferior a 3° C. As temperaturas médias máximas mensais são altas, atingindo de 35 a 36°C nos meses de agosto a novembro e nunca são inferiores a 31°C. As temperaturas médias mínimas mensais ocorrem nos meses de junho, julho e agosto, variando em torno dos 21°C.

- Precipitações

As chuvas dividem o ano em dois períodos, o chuvoso e o seco. As precipitações anuais atingem, em média, 1.328mm e estão concentradas nos meses de janeiro a maio. Nesse período, as chuvas são frequentes e intensas, acompanhadas muitas vezes de ventos fortes. Nos meses de julho a setembro, as precipitações praticamente não ocorrem.

- Umidade relativa do ar

A umidade relativa média anual é de 70%, chegando a 85%, em média, nos meses mais chuvosos e a uma média mínima de 55% nos meses mais secos. O período com umidade relativa mais baixa coincide com o das temperaturas mais elevadas.

- Ventos

Os ventos são fracos, com velocidade média anual de 1,4m/s e direção predominante sudeste. Nos meses de julho a outubro, a velocidade média mensal é um pouco mais elevada - 1,7m/s, diminuindo para 1,2m/s de janeiro a maio. Nota-se a elevada presença de calmarias, variando entre 40 a 60% ao ano.

### 3.METODOLOGIA

O trabalho foi realizado com o objetivo de determinar a zona de conforto térmico para ambientes escolares em Teresina e, para isso, foram estudados as situações de conforto térmico em salas de aula climatizadas naturalmente. Foram escolhidos duas escolas públicas na cidade de Teresina, que apresentam estruturas físicas diferentes: Centro de Ensino PREMEN Norte e o Liceu Piauiense.

Na execução da pesquisa foram colhidos dados nos turnos manhã e tarde e escolhidos os meses de novembro (2001), março (2002) e setembro (2002) para a realização das medições e a aplicação do questionário nas duas escolas, levando-se em conta que o clima possui características distintas conforme o período do ano.

O primeiro procedimento realizado ao chegar nas escolas foi o reconhecimento espacial, físico e estrutural das escolas para determinar as três salas de aula da escola onde seriam realizadas as pesquisas. Em seguida foram feitas medições da temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar com um termo-higrômetro marca InstruTerm, nas salas de aula, com os alunos presentes. As medições foram realizadas no meio da sala, com o instrumento na altura na mesa escolar. A temperatura radiante média e a ventilação natural não foram medidas, apesar de influírem na sensação térmica dos usuários.

No total, participaram 1132 pessoas, entre alunos e professores, que responderam um questionário com 7 (sete) perguntas que indagava sobre o sexo, idade e as sensações térmicas no momento que estava sendo aplicada a pesquisa. Depois de coletado todos os dados sobre o questionário, passou-se a quantificar as variáveis (sexo, idade, conforto em sala de aula, sensação térmica, ventilação, rendimento e disposição) por sala de aula e as condições térmicas. Os dados coletados foram quantificados em termos de porcentagens e considerou-se como confortável a sala em que mais de 50% dos usuários a consideraram como tal. Ver os gráficos 05 e 06 no anexo com os dados coletados.



Foto 01 – PREMEN – sala de aula



Foto 02 – Liceu Piauiense – sala de aula

Os valores de temperatura e umidade relativa do ar em cada sala considerada confortável foram então utilizados para determinar os limites da zona de conforto deste trabalho e comparar com os valores propostos pelos autores das Cartas Bioclimáticas e Zona de conforto citadas anteriormente.

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos em termos de variáveis climáticas, considerando-se que todos os usuários estavam com o mesmo tipo de vestimenta e atividade sedentária semelhante, permitem estabelecer, como zona de conforto para essa pesquisa, os limites de 27,4 e 31,6 C° de temperatura do ar e 50,4 e 73,7% de umidade relativa, sendo a velocidade do ar praticamente nula. Vale ressaltar que o limite inferior da temperatura é bastante elevado, em função da própria temperatura do ar medida nas salas. Em outras situações este limite pode ser mais baixo. Os dados mostraram também a importância da umidade relativa do ar na avaliação da sensação de conforto, pois salas com temperatura menor do que outras foram consideradas desconfortáveis em função do alto valor da umidade relativa. A ausência de ventilação nas salas também colabora para a sensação de desconforto térmico.

Ao colocarmos os limites de conforto determinados nesta pesquisa sobre os gráficos com as zonas de conforto estabelecidas pelos respectivos autores, nota-se que os mesmos não coincidem, o que evidencia a necessidade desse tipo de trabalho para uma melhor avaliação da sensação de conforto nas condições climáticas locais.

Na Carta Bioclimática de Olgay Fig.01 a zona de conforto em estudo coincide apenas em alguns pontos, ficando a sua maior parte fora da área delimitada pelo autor e na região onde é necessário que os ambientes sejam ventilados para melhorar a sensação de conforto térmico dos usuários.

A zona de conforto proposta na Carta Bioclimática de Givoni Fig. 02 tem poucos pontos em comum com a zona determinada pela pesquisa, apesar de ser uma das mais utilizadas no Brasil, por ter tido os seus limites estendidos para locais de clima quente e onde o uso do ar-condicionado não é comum. O valor máximo da temperatura do ar desloca a zona em estudo, apesar dos valores de umidade relativa ficarem dentro dos propostos pelo autor.

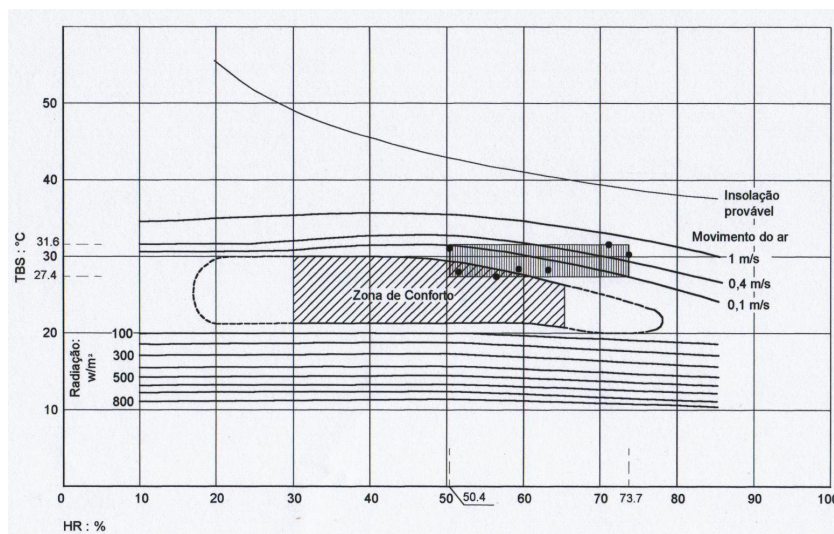


Figura 01 – Carta Bioclimática de Olgay e zona de conforto em estudo

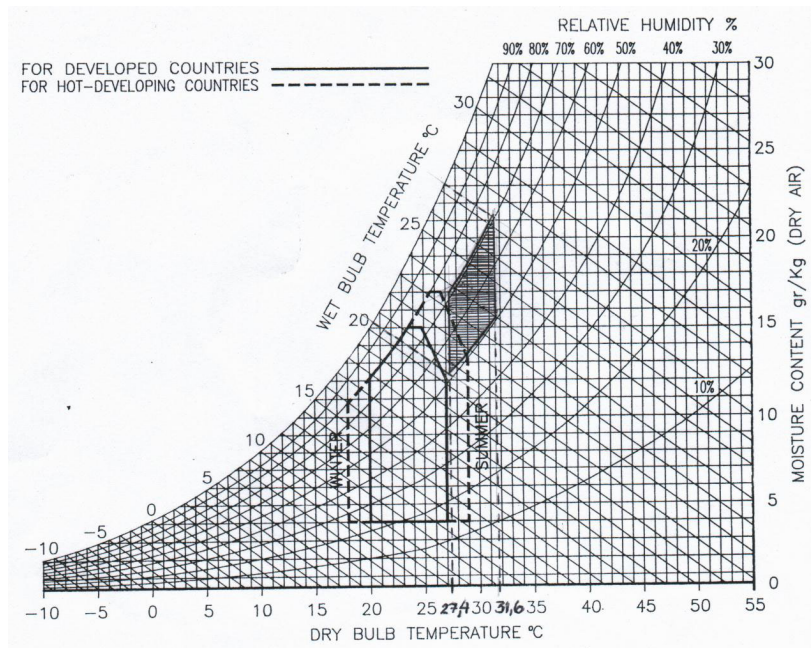


Figura 02 – Carta Bioclimática de Givoni e zona de conforto em estudo

O Gráfico de Temperatura Efetiva e os limites propostos por Koenigsberger et al Fig. 03 são os que mais coincidem com os limites de conforto delimitados pelo estudo, apenas o limite superior da temperatura foi um pouco alterado.

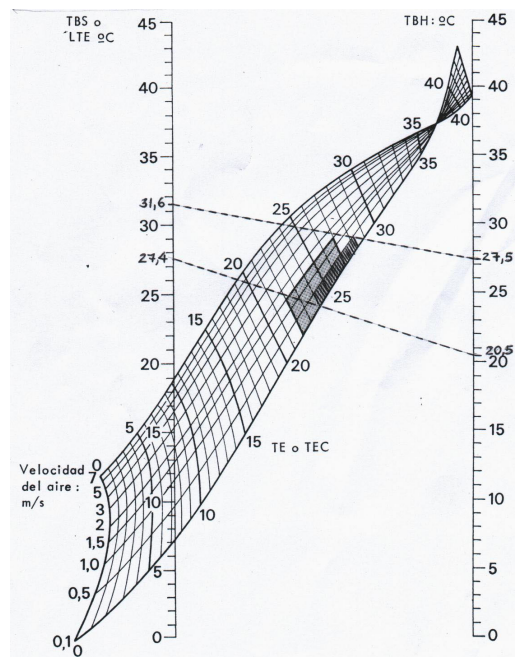
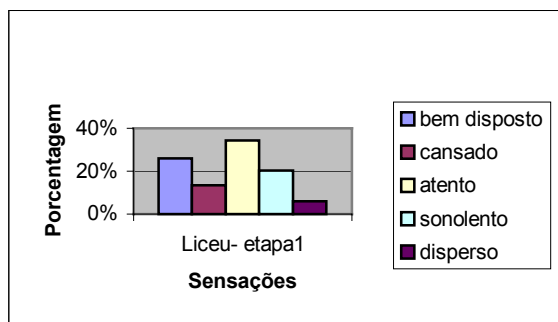


Figura 03 – Zona de Conforto de Koenigsberger et al (1977)

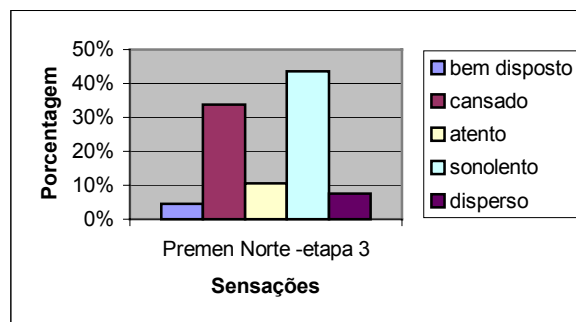
Gráfico de Temperatura Efetiva e zona de conforto em estudo

Entre as perguntas feitas aos usuários durante a pesquisa, procurou-se saber como as condições ambientais na sala de aula interferiam na disposição dos alunos, contribuindo ou não para o melhor desempenho das atividades. Os gráficos 01 e 02 mostram estes resultados em duas salas pesquisadas, uma que foi considerada confortável e outra desconfortável, demonstrando a influência negativa das condições térmicas no rendimento dos alunos. Os gráficos 03 e 04 foram as respostas sobre como os

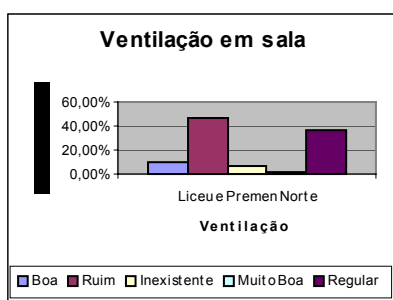
alunos consideram a ventilação existente nas salas de aula e se as condições de conforto influenciam no rendimento escolar ou não.



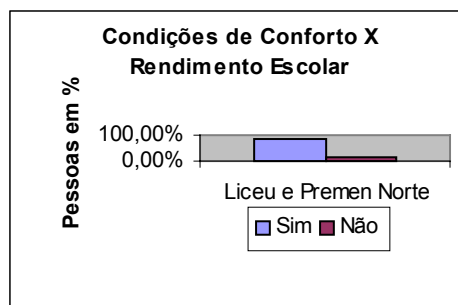
Gráf. 01 – Situação Conforto



Gráf. 02 – Situação Desconforto



Gráf. 03 – Ventilação nas salas



Gráf. 04 – Relação rendimento x conforto

## 5. CONCLUSÕES

A pesquisa demonstrou que há restrições quanto ao uso de índices ou zonas de conforto elaborados para outras regiões, sem que haja uma análise aprofundada sobre as condições específicas do projeto, levando em conta as condições climáticas locais e a aclimação dos usuários. Este tipo de trabalho proporciona um maior ajuste dos limites propostos pelos autores à situação local, evitando as situações de desconforto e contribuindo para a eficiência energética da edificação.

O estudo comprovou que os usuários de edificações escolares que não utilizam climatização artificial estão adaptados a valores mais elevados de temperatura do ar, sem que isto interfira negativamente no desempenho das atividades. Os valores mais baixos da umidade relativa do ar ajudam na sensação de conforto térmico, bem como a ventilação natural do local, que em Teresina só é possível com o uso de ventiladores nas salas de aula.

Estudos mais aprofundados devem ser realizados também em ambientes construídos com outros usos e nos que utilizam climatização artificial em Teresina, para que sejam empregadas estratégias bioclimáticas de projeto mais compatíveis com a realidade climática da região.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- ARAÚJO, V. M. D. *Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino*. Natal: EDUFRRN, 2001.
- FANGER, P.O. *Thermal comfort: analysis and applications in environment engineering*. New York: McGraw-Hill, 1972.
- FROTA, A.B., SCHIFFER, S. R. *Manual de conforto térmico*. São Paulo: Studio Nobel, 1995.
- GIVONI, B. *Climate considerations in building and urban design*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1997.
- IZARD, J. L., GUYOT, A. *Arquitetura bioclimática*. Barcelona: Gustavo Gilli, 1980.
- KOENIGSBERGER, O. H. et al. *Viviendas y edificios en zonas cálidas e tropicales*. Madrid: Paraninfo, 1977.

LAMBERTS, R., DUTRA, F., PEREIRA, F.O. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW, 1997.

OLGYAY, V. *Design with climate*. New Jersey: Princeton, 1963.

WEBB, C. G. A confort graph for life in the tropics. *New Scientist*, v.8, p.1643-45.

## 7.ANEXO

Grafico 05 - Centro de Ensino PREMEN  
Valores medidos da Temperatura do Ar/Umididade Relativa do Ar/Sensação Térmica

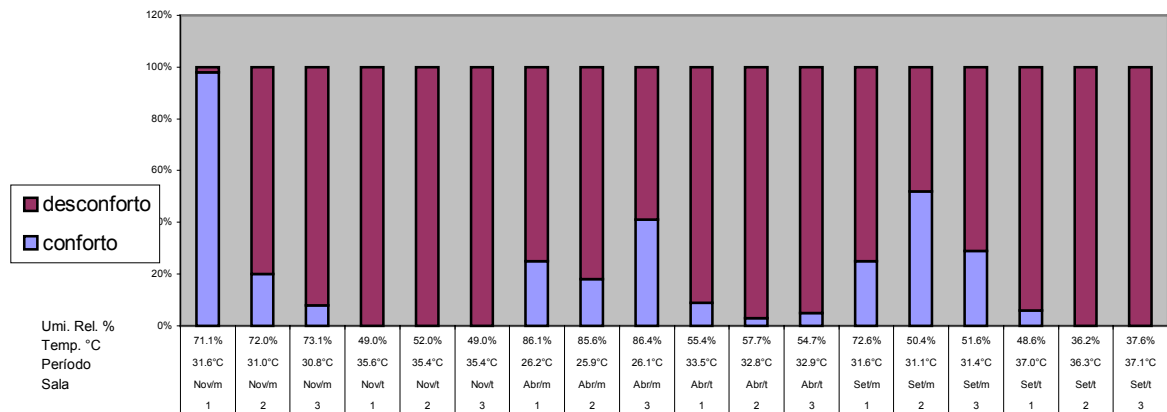


Gráfico 06 - Liceu Piauiense  
Valores medidos da Temperatura do AR/Umididade Relativa do AR/Sensação Térmica

