

## CONFORTO TÉRMICO DE UM LABORATÓRIO DA UNIVERSIDADE DE CUIABÁ-UNIC

### *Thermal Confort of the laboratory in the Cuiabá University*

Jonathan Willian Zangeski Novais<sup>1</sup>, Thiago D'Orazio Joaquim<sup>2</sup>, Felipe Miguel de Almeida<sup>3</sup>, Monica Zuffo<sup>3</sup>, Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira<sup>3</sup>, Lydiane Abdon Leal<sup>3</sup>, Alessandra Bittencurt Crestani Rodrigues<sup>3</sup>, Fernanda de Oliveira Kunz<sup>3</sup>

1. Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade de Cuiabá – UNIC
2. Programa Nacional de Acesso ao Ensino Tecnológico e Emprego (Pronatec) da Universidade de Cuiabá-UNIC
3. Universidade de Cuiabá - UNIC

### **Resumo**

*Devido as altas médias de temperatura do ar no decorrer do ano em Cuiabá-MT, surge a necessidade de se investigar o conforto térmico das edificações deste município, assim objetivou-se analisar o conforto térmico do laboratório da Universidade de Cuiabá-UNIC, utilizando as temperaturas dadas pelos termômetros globo, bulbo seco, bulbo úmido e infravermelho, no período seco e o período chuvoso. Coletados dados médios de temperatura de superfícies das paredes internas e externa, onde a fachada frontal externa na posição norte sofre com maior incidência solar, havendo variações ao longo do ano. As fachadas em Cuiabá direcionadas para Sudoeste a insolação são maiores principalmente no período da tarde entre setembro e outubro, e para a diminuição do recebimento direto do sol nas fachadas é recomendado o uso de brises em posições estratégicas, dentre outras sugestões o uso de EPS e a arborização. Dados os resultados dos ensaios experimentais fica demonstrado a necessidade de se utilizar estratégias de mitigação de calor no interior dos ambientes, principalmente em Cuiabá.*

**Palavras-chave:** temperatura de paredes, conforto térmico, índice de desconforto.

### **Abstract**

*Because of high average air temperature during the year in Cuiabá-MT, there is a need to investigate the thermal comfort of the buildings of this city, then aimed to analyze the thermal comfort of the laboratory at the University of Cuiabá, using temperatures given by globe thermometers, dry bulb, wet bulb and infrared, in the dry season and the rainy season. Collected data average surface temperature of the inner and outer walls where the outside front facade on the north position suffers from greater solar incidence, with variations throughout the year. The facades in Cuiabá directed to Southwest heat stroke are higher mainly in the afternoon between September and October, and to decrease the direct sun receiving the facades is recommended to use wipers in strategic positions, among other suggestions EPS of use and afforestation. Given the results of experimental tests demonstrated is the need to use heat mitigation strategies inside environments, especially in Cuiabá.*

**Keywords:** wall temperature , thermal comfort , discomfort index.

## 1 Introdução

Cuiabá, capital do Mato Grosso, é considerada uma das cidades mais quentes do Brasil, dessa forma cabe aos profissionais da construção civil, arquitetos, designers, climatologistas dentre outros buscarem alternativas para amenizar o calor no interior de estruturas, mantendo o ambiente agradável.

Santos & Andrade (2008) afirmam que o conforto térmico é uma condição que expressa a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico. Essa característica afeta diretamente o desempenho das atividades realizadas pelos indivíduos em seu interior e apresenta grande influência sobre a saúde humana. Donaisky et al., (2010) afirmam que o conforto térmico tem efeitos diretos na produção e na satisfação de cada pessoa. Condições climáticas urbanas inadequadas significam perda da qualidade de vida para uma parte da população, enquanto para outra, conduzem ao aporte de energia elétrica para o condicionamento térmico das edificações (ANDREASI et al., 2010).

Todos os elementos de uma edificação são responsáveis pelo conforto térmico da mesma, porém depois da cobertura a parede é o principal elemento responsável pela absorção de calor existente no interior da edificação (FROTA & SCHIFFER, 1995). Segundo Costa (2003), a transmissão de calor nas paredes das habitações verifica-se em regime transitório, quando as temperaturas no interior da mesma variam com o tempo. Nesse caso, parte do calor que entra por uma das faces da parede serve para aquecê-la, de modo que a quantidade de calor que sai pela outra face é menor, isto é, o fluxo térmico não é permanente. É o que acontece nas paredes das habitações, devido às variações diárias de temperatura.

Devido à fase de aquecimento ou esfriamento da parede, durante o regime citado, as variações periódicas de temperatura são amortecidas ao longo da parede, aparecendo um gradiente térmico do exterior para o interior do local.

A temperatura é o conceito físico que nos permite medir a energia cinética média de cada grau de liberdade de cada uma das partículas de um sistema em equilíbrio térmico (NUSSENZVEIG, 1996).

É necessário buscar saídas para um melhoramento da sensação térmica do ambiente, como o uso de poliestireno expandido (EPS), que consiste em um plástico celular rígido que pode se apresentar sobre várias formas geométricas (ANTHANASOPOULOS et al., 1999), tijolos de maior largura nas paredes e a ventilação, seja forçada ou natural. Dá-se o nome de ventilação ao processo de renovar o ar de um recinto, conforme NBR 14679. O fim fundamental da ventilação é controlar a pureza e deslocamento do ar em um recinto fechado, embora, dentro de certos limites, a renovação do ar também possa controlar a temperatura e a umidade do mesmo (COSTA, 2003).

O objetivo deste trabalho é analisar o conforto térmico do laboratório de solos da Universidade de Cuiabá – UNIC em Cuiabá-MT, analisando as temperaturas internas e externas das paredes, bem como as temperaturas de bulbo seco, úmido e de globo do interior do laboratório, podendo plotar assim a carta psicrométrica do local.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Localização e descrição do local da coleta de dados

A cidade de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, pertence à região Centro-Oeste do Brasil, coordenadas geográficas -15°35'56 latitude Sul e 56°06'01 longitude Oeste. De acordo com Santos (2008), o município possui uma área de 3.224,68km<sup>2</sup>, sendo dividida em 254,57km<sup>2</sup> (7,89%) de área urbana e 2.970,11km<sup>2</sup> (92,1%) de área rural. Está a uma altitude de 165 metros acima do nível do mar, localizado na província geomorfológica denominada Depressão Cuiabana.

O experimento foi realizado no laboratório do concreto e solos da Universidade de Cuiabá – UNIC unidade Barão, conforme figura 1.

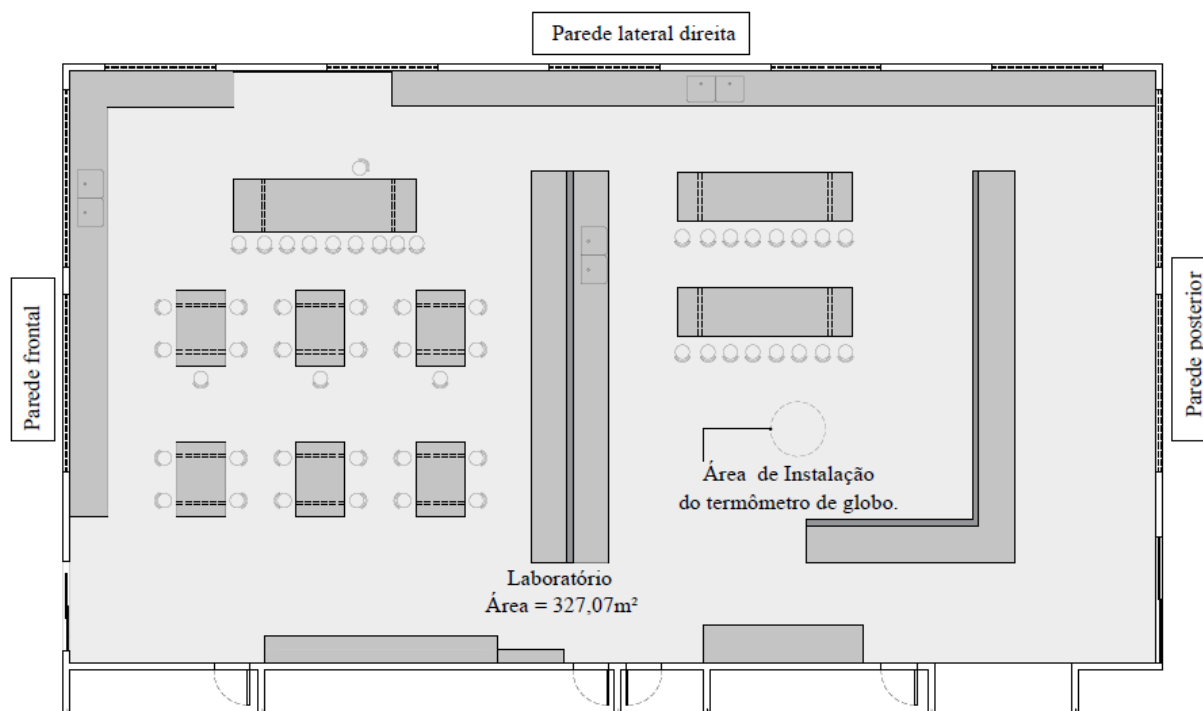


Figura 1. Localização em planta baixa do Laboratório de Concretos e Solos especificando o ponto de instalação dos instrumentos, e nomenclatura das paredes.

Durante as medidas, o ambiente do laboratório não estava submetido a nenhum tipo de ventilação.

Quanto as condições estruturais do laboratório tem-se, em sua totalidade, 5 janelas de correr, identificadas como J1 no mapa, com dimensões de largura com 2,50 m, altura de 1,10 m e peitoril com 1,60 m, feitas de vidro temperado fumê; 4 janelas de correr, identificadas como J2 no mapa, com dimensões de largura 4 m, altura de 1,10 m e peitoril com 1,60 m, feitas de vidro temperado fumê; 3 portas de correr, identificadas como P1, com dimensões de largura 2 m e altura 2,10, feitas de vidro temperado, conforme figura 2.

Quanto aos componentes da cobertura do laboratório, o forro é feito de laje (cor clara), sendo a cobertura feita de fibrocimento de cor cinza (escura).

A alvenaria possui espessura de 14 cm, feitas de tijolo a vista / sem reboco e com cor cerâmica.

## 2.2 Instrumentação

Foram utilizados um termômetro de infravermelho para medir a temperatura das paredes, tanto na parede interna quanto externa, posterior, inferior e lateral, e um termômetro de globo, bulbo seco e bulbo úmido.

O termômetro infravermelho, Instrutherm, modelo TI-860, pode medir temperaturas de  $-30^{\circ}\text{C}$  à  $270^{\circ}\text{C}$ , sua precisão de é de  $\pm 2,5\%$  da leitura  $+ 2^{\circ}\text{C}$ , com resolução de  $1^{\circ}\text{C}$ , temperatura de operação de 0 a  $50^{\circ}\text{C}$  com posicionamento a cerca de 1,40 m do chão.

O modelo do termômetro de globo é TGD-100, Instrutherm, cuja faixa de medição é  $-10$  a  $+150^{\circ}\text{C}$ ; resolução de  $0,1^{\circ}\text{C}$ ; precisão de  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . O aparelho é constituído de três sensores, sendo um globo, que é uma esfera de cobre com diâmetro de 6" (152,4mm), com haste central; um bulbo úmido, que é uma haste com copo de 100 ml e cordão de pano; e, bulbo seco, uma haste para cálculo de temperatura ambiente. Segundo a norma DIN 43760, as hastes tem diâmetro de  $4\text{mm} \times 150\text{mm}$  de comprimento e são construídas em Pt-100 classe A.

A temperatura de bulbo úmido é determinada através da capilaridade, onde a água destilada envolvida por uma gaze evapora a uma taxa variável da umidade do ar. Essa evaporação gera um grande resfriamento do bulbo do termometro com relação ao ar seco. A redução na temperatura de

bulbo úmido é tão maior quanto mais seco está o ar atmosférico, e é nula quando a atmosfera está saturada de vapor de água, umidade relativa do ar igual a 100%.

A temperatura medida pelo termómetro de bulbo seco é determinada de forma comum através de um sensor onde a relação é dada como temperatura do ar (temperatura ao redor do corpo humano).

### 2.3 Períodos de dados

As coletas foram feitas em dois períodos diferentes do ano de 2014. As primeiras coletas de dados aconteceram durante os dias 05/08/2014, 06/08/2014 e 07/08/2014, no período seco e 28/01/2015, 29/01/2015 e 30/01/2015 no período chuvoso, entre as 08:00horas e 18:00horas, realizando medidas horárias.

### 2.4 Análise dos dados para índices de conforto térmico e correlações entre variáveis

Os dados foram plotados em carta psicrométrica, sendo analisados pelo software Analysisbio desenvolvido pela LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da UFSC, tornando possível a verificação dos pontos na área de conforto. Com a utilização do software foram feitos relatórios de saída da carta psicrométrica adaptada de Givoni (1969) para a qualificação dos dados de forma a identificar as horas em conforto e desconforto, assim como as estratégias bioclimáticas necessárias para alcançar a zona de conforto térmico.

Para analisar as possíveis correlações entre as variáveis estudadas, foi feito o teste de correlação de Pearson. A correlação de Pearson é um teste paramétrico que mede a intensidade de relação entre as variáveis ordinais. O coeficiente de correlação é adimensional e situa-se no intervalo  $-1 \leq p \leq 1$ . Dancy e Reidy (2006) apontam uma classificação para os valores de  $p$ :  $0,1 < p < 0,4$  (correlação fraca),  $0,4 < p < 0,7$  (correlação moderada);  $0,7 < p < 1$  (correlação forte).

## 3. Resultados e discussão

### 3.1 Temperatura de paredes

Foram feitas medidas das temperaturas de superfícies das paredes internas e externas obtendo-se os seguintes resultados, figura 2.

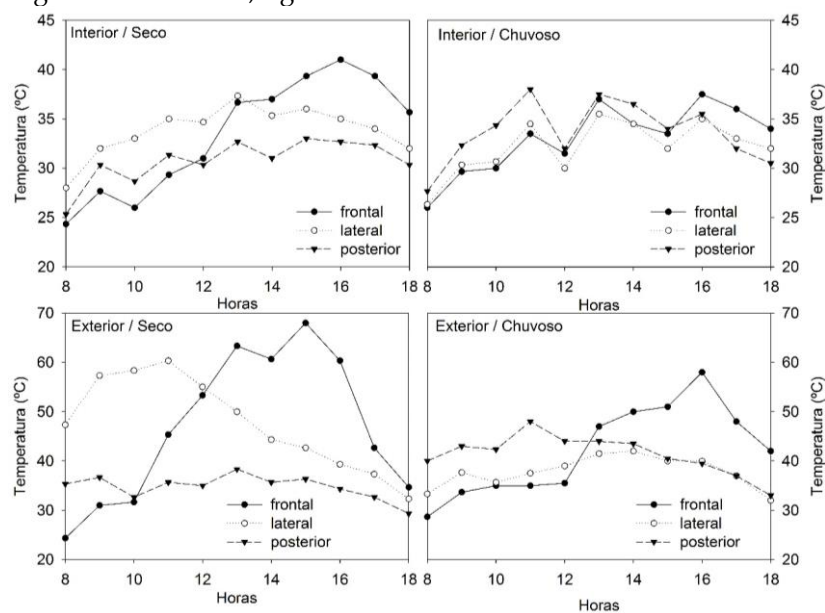


Figura 2. Temperatura das paredes (°C) frontal, lateral e superior, externa e interna no período seco e chuvoso das 8:00 as 18:00 horas do laboratório.

Encontrou-se como temperatura média no período seco, das paredes: Internas (frontal, 33,4°C, lateral 33,8°C e posterior 30,7°C) e externas (frontal 46,8°C, lateral 47,7°C e posterior 34,7°C). E no período chuvoso, paredes: Internas (frontal, 32,6°C, lateral 32,1°C e posterior 34,2°C) e externas (frontal 41,5°C, lateral 38,5°C e posterior 42,8°C).

A fachada que mais sofre incidência solar em consequência da posição solar é a frontal externa que está para Norte, dado períodos do ano com as mudanças dos azimutes tomado pelo sol ela passa a receber muita insolação durante o período da tarde, justificando essas temperaturas elevadas. Já a que menos sofre incidência é a que fica para a posição sul, a fachada posterior.

As paredes internas sofrem menos variação de temperatura em relação às paredes externas, uma vez que existe uma inércia térmica para a condução do calor para dentro do laboratório.

A maior fachada (lateral direita) está direcionada para o Leste com a normal de 73,8°, a insolação atinge a mesma durante todo o período da manhã, recebendo parte de uma insolação, que ocorre a partir das 10:00 horas.

Em Cuiabá as fachadas voltadas para Sudoeste são as mais castigadas pela ação do Sol da tarde no período de 15 de setembro à 30 de outubro, conforme observações in loco. Assim para se atenuar a insolação nas fachadas voltadas para Leste e Oeste é recomendado a utilização de brises na posição vertical. o uso dos brises contribuem de maneira significativa para não haver grande incidência de sol nas fachadas. Já em fachadas voltadas para Norte e Sul é recomendado a utilização de brises na posição horizontal, podendo ser de qualquer tipo de material.

Na construção civil, vidros e janelas são importantes elementos, não só esteticamente, mas também termicamente. Hoje em dia estes elementos vêm sendo cada vez mais objeto de estudos, por serem uma fonte de ganho de calor devido a radiação solar no verão e também de perda de calor para o ambiente externo durante o inverno. Assim, os vidros e as janelas podem funcionar como obstáculo ou ferramenta para a obtenção das condições de conforto térmico nas edificações.

Outro exemplo viável é o uso de outro tipo de material para as paredes. São inúmeras as utilizações do Poliestireno Expandido (EPS), no entanto há duas propriedades em específico que têm fortalecido cada vez mais à presença deste no mercado consumidor, como a sua extrema leveza e isolamento térmico-acústico, pois são propriedades que estão diretamente ligadas ao baixo custo. A utilização de painéis em EPS gerou a diminuição de até 7°C em uma residência na cidade de Cuiabá (NOVAIS et al., 2014). Atualmente, o EPS apresenta-se bem empregado em embalagens industriais, artigos para consumo (caixas térmicas, pranchas, porta-gelo, etc), na agricultura e até mesmo na construção civil. (ABRAPEX, 2006)

Considerando também que as áreas urbanas são ambientes artificiais constituídas de diferentes elementos, possuem áreas construídas e pavimentadas que favorecem a absorção da radiação solar diurna que aquece e reflete durante a noite, formando ilhas de calor. A interferência das árvores nesse tipo de ambiente é notadamente uma interferência muito positiva, pois estas interceptam, refletem, absorvem e transmitem a radiação solar, assim a arborização é fundamental para garantir conforto térmico em climas tropicais úmidos (GUERRA e CUNHA, 2006). Assim, a arborização é uma ótima saída para amenizar a temperatura nesse período seco.

### 3.2. Correlação entre variáveis estudadas

Fez-se correlação de Pearson de modo a observar as correlações entre as variáveis estudadas.

Tabela 1. Correlação de Pearson para as variáveis temperatura de parede frontal, lateral e posterior ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatura de bulbo seco, úmido e de globo ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ )	Globo	Bulbo úmido	Parede frontal	Parede lateral	Parede posterior
<b>Bulbo seco</b>	0,959 <sup>1</sup>	0,7 <sup>1</sup>	0,74 <sup>1</sup>	0,585 <sup>1</sup>	0,701 <sup>1</sup>
	0,00 <sup>2</sup>	0,00 <sup>2</sup>	0,00 <sup>2</sup>	0,00 <sup>2</sup>	0,00 <sup>2</sup>
	60 <sup>3</sup>	60 <sup>3</sup>	60 <sup>3</sup>	60 <sup>3</sup>	60 <sup>3</sup>
<b>Globo</b>	-	0,736 <sup>1</sup>	0,698 <sup>1</sup>	0,54 <sup>1</sup>	0,745 <sup>1</sup>
	-	0,00 <sup>2</sup>	0,00 <sup>2</sup>	0,00 <sup>2</sup>	0,00 <sup>2</sup>
	-	60 <sup>3</sup>	60 <sup>3</sup>	60 <sup>3</sup>	60 <sup>3</sup>
<b>Bulbo úmido</b>	-	-	0,259 <sup>1</sup>	0,254 <sup>1</sup>	0,596 <sup>1</sup>
	-	-	0,05 <sup>2</sup>	0,05 <sup>2</sup>	0,00 <sup>2</sup>
	-	-	60 <sup>3</sup>	60 <sup>3</sup>	60 <sup>3</sup>
<b>Parede frontal</b>	-	-	-	0,704 <sup>1</sup>	0,583 <sup>1</sup>
	-	-	-	0,00 <sup>2</sup>	0,00 <sup>2</sup>
	-	-	-	60 <sup>3</sup>	60 <sup>3</sup>
<b>Parede lateral</b>	-	-	-	-	0,61 <sup>1</sup>
	-	-	-	-	0,00 <sup>2</sup>
	-	-	-	-	60 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Coeficiente de correlação, <sup>2</sup> P valor, <sup>3</sup> Número de amostras

Todas as correlações foram significativas ao nível de significância de 5%. Todas as correlações foram positivas indicando que o aumento das temperaturas das paredes faz aumentar a temperatura do ar interior.

Destacam-se as correlações entre as paredes frontal e lateral no acréscimo de temperatura do bulbo seco, que representa a temperatura do ar da localidade. No período vespertino a temperatura da parede frontal chega a quase  $70^{\circ}\text{C}$ , justificando a maior correlação, 0,74, entre parede e bulbo seco fosse dessa parede.

Quanto ao bulbo úmido a correlação com as paredes foi pequena, uma vez que sua temperatura seja mais relacionada com a presença de água no contato com o sensor do que com a temperatura do ar.

A maior correlação observada ocorreu entre temperatura de bulbo seco e temperatura de globo, uma vez que ambos são influenciados pela temperatura do ar, ambos tiveram praticamente o mesmo comportamento.

### 3.3 Conforto térmico

Utilizou-se o software *Analysisbio* para fazer a carta bioclimática de Givoni para o laboratório da Universidade de Cuiabá, figura 3.

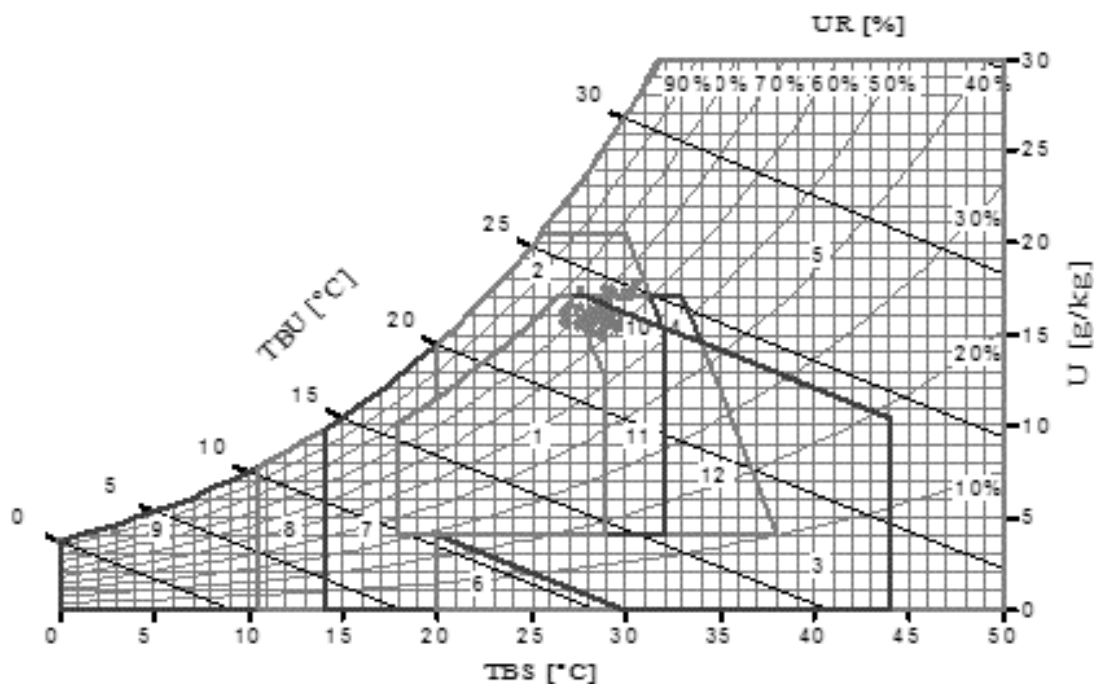


Figura 3. Carta bioclimática adaptada de Givoni para o Laboratório da Universidade de Cuiabá. Sendo 1 – conforto, 2 – ventilação, 3 – resfriamento evaporativo, 4 – alta inércia térmica p/ resfriamento, 5 – ar condicionado, 6 – umidificação, 7 – alta inércia térmica/ aquecimento solar, 8 – aquecimento solar passivo, 9 – aquecimento artificial, 10 – ventilação/ alta inércias, 11 – ventilação/ alta inércia/ Resf. Evap., 12 – Alta Inércia/ Resf. Evap.

Pela influência que a temperatura exerce sobre os materiais nas edificações, foram determinados os índices que caracterizam um ambiente em confortável ou desconfortável. Sendo possível assim, determinar qual a melhor estratégia a ser aplicada.

Assim obteve-se como relatório de saída 10,7% de conforto e 89,3% de desconforto, sendo desses 85,7% por calor. As estratégias menos energéticas que poderiam ser utilizadas para amenizar a situação é ventilação, inércia térmica para resfriamento e resfriamento evaporativo.

Segundo Nogueira et al., (2008) os materiais de construção têm grande influência sobre as condições de conforto do ambiente interior. As especificações dos mesmos exigem o entendimento de suas propriedades e de sua adequação às características plásticas do projeto. Ou seja, ao prever a maior incidência do sol em uma determinada área é possível com a utilização de determinados materiais à adequação do mesmo sobre a estrutura existente, a fim de reduzir o impacto que a temperatura pode exercer sobre a mesma.

O uso de isolamento térmico ou proteção solar em paredes, janelas e telhados, o tipo de telha e o tipo de vidro a serem empregados devem ser estudados a fim de se evitar ganhos térmicos excessivos e obter melhorias nas condições de conforto interno.

Deve-se considerar que o aumento da capacidade térmica melhora as condições diurnas por proporcionar maior atraso e amortecimento térmico, como por exemplo, na utilização de tijolos maciços dispostos numa maior largura. Outras técnicas que podem ser combinadas é ventilação cruzada, telhados com pinturas claras, brises e toldos externos, vidros refletidos ou espelhados, dentre outros.

Deve-se considerar que o calor acumulado durante o dia não torne desconfortável o período noturno, necessitando de ampla ventilação nesse período. Outro fator a ser considerado é o efeito do isolamento proporcionado pelas células de ar aprisionadas nos tijolos furados que, quando utilizados, devem ser dispostos de uma vez, pelo menos nas paredes externas (DUARTE, 1995).

O uso da inércia térmica na edificação ajuda no atraso e na diminuição dos picos de calor externos. Como citam Yannis E Maldonado (1995), o fato de armazenar calor dentro da estrutura da edificação, funciona como um dissipador de calor, evitando a oscilação e os picos durante o dia, e dissipando o calor mais tarde. Inércia térmica é a capacidade de uma edificação de armazenar e liberar calor.

#### 4. Conclusão

Por intermédio dos resultados dos ensaios experimentais, foi possível identificar a influência que a temperatura exerce sobre os materiais construtivos que constituem o laboratório e ao bem estar das pessoas que usufruem desse local na maior parte do dia, em que notou-se o desconforto na maior parte do tempo, sendo necessárias melhorias no ambiente para minimizar o uso de ar-condicionado tornando o laboratório estudado mais sustentável.

Assim, reforça-se importância de se utilizar estratégias de mitigação de calor no interior de cômodos, ficando claro que o profissional da construção civil precisa ter o conhecimento de tais estratégias e aplicá-las quando necessário.

A utilização do software Analysisbio para as análises também foi satisfatória, podendo ser uma boa ferramenta para estudo de conforto térmico em edificações.

#### 5. Agradecimentos

Agradecimento a Universidade de Cuiabá, coordenação do curso de Engenharia Civil e direção da unidade Barão e ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental pela iniciativa e apoio ao projeto da Iniciação Científica e suporte com equipamentos e conhecimentos.

#### 6. Referências bibliográficas

ABRAPEX. Manual de Utilização – EPS na Construção Civil. Vol. 1, 124 págs, 2006.

ANDREASI, W. A.; LAMBERTS, R.; CÂNDIDO, C. Thermal acceptability assessment in buildings located in hot and humid regions in Brazil. *Building and Environment*, v. 45, n. 5, p. 1225-1232, 2010

ANTHANASOPOULOS, G. A., PELEKIS, P. C., XENAKI, V. C. Dynamic properties of EPS Geofam: An experimental investigation. *Geosyntics International*, v. 6, n. 3., p. 171-194, 1999.

COSTA, E. Física Aplicada à Construção - Conforto Térmico. Edgard Blücher. 4ª edição. 2003

DANCEY, C. REIDY, J. Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows. Porto Alegre, Artmed. 2006.

DONAIISKY, E.; OLIVEIRA, G. H. C.; MENDES, N. Algoritmos PMV-MBPC para conforto térmico em edificações e aplicação em uma célula-teste. *Sba: Controle e Automação*, v. 21, n. 1, p. 1-13, 2010

DUARTE, D. H. S. O clima como parâmetro de projeto para a região de Cuiabá. Dissertação de Mestrado em Arquitetura – EESC/USP, 1995.

FROTA, A. B., SCHIFFER, S. R. Manual de conforto térmico : arquitetura, urbanismo, 5ª ed. São Paulo : Studio Nobel, 2001.

GIVONI, B. Man, climate and architecture. London, Elsevier, 1969.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. Degradação ambiental. In GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (org.) Geomorfologia e meio ambiente. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

NBR 14679, Sistemas de condicionamento de ar e ventilação - Execução de serviços de higienização.



NOVAIS, J. W. Z., OLIVEIRA, E. V., JOAQUIM, T. D., LEAL, L. A., NOGUEIRA, M. C. J. A., SANCHES, L. Comparação do Desempenho Térmico de Painéis em EPS como Alternativa aos Tijolos Cerâmicos no Conforto Térmico de Residências em Cuiabá-MT. *Unopar Científica e Tecnológica*, v13, n.1, p. 39-43, 2014.

NOGUEIRA, C. E. C., SIQUEIRA, J. A. C., SOUZA, S. N. M., NIEDZIALKOSKI, R. K., PRADO, N. V. Avaliação do conforto térmico nas residências convencional e inovadora do “Projeto CASA”, Unioeste, Campus de Cascavel. *Acta Scientiarum Technology*, v.34, pag 3-7, n.1, 2008.

NUSSENZVEIG, H., M. Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. 3ª ed. [S.l.]: Edgard Blücher. vol. 2. ISBN 85-212-0045-5, 1996.

SANTOS, F. M. de M. Análise de desempenho térmico e lumínico em uma escola pública na cidade de Cuiabá/MT: estudo de caso [dissertation]. Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, 2008, 117p.

YANNAS, S., MALDONADO, E., eds. PASCOOL handbook - Designing for summer comfort. Architectural Association Graduate School, Londres, Ch.4, 1995.