

ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA BIBLIOTECA SETORIAL: MEDIÇÃO E VOTO MÉDIO DOS USUÁRIOS

Roberta P. Tertolino da Silva (1)

(1) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, roberta.silva@arquitetura.ufjf.br, Universidade Federal de Juiz de Fora, FAU, Laboratório ECOS, Rua José Lourenço Kelmer, São Pedro, 36036-330, (32)99116-7721.

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma pesquisa focada na análise das condições térmicas de uma Biblioteca setorial da Universidade Federal de Juiz de Fora, localizada no campus situado na cidade de Juiz de Fora, MG. O clima da cidade, tropical de altitude, apresenta temperaturas médias na faixa de 18°C a 22°C, com duas estações bem definidas, estando na zona de conforto na maior parte do ano, segundo a carta bioclimática de Givoni. Apesar do clima favorável, se os ambientes construídos não se apresentam adequados, podem gerar riscos como cansaço, sonolência, stress e redução da atenção e concentração. A pesquisa é realizada no âmbito de uma bolsa de Treinamento Profissional, visando o conhecimento teórico e prático na área de conforto térmico, incluindo o uso dos equipamentos do laboratório de Estudos em Conforto Ambiental e Sustentabilidade. O objetivo geral é avaliar as condições de conforto térmico da Biblioteca setorial e a sensação de conforto térmico manifestada pelos usuários, visando obter subsídios para adequação do local. O estudo metodológico da Biblioteca setorial previu levantamentos qualitativos e quantitativos, sendo dividido em quatro etapas: (1) análise do projeto em função da zona bioclimática; (2) medição do ambiente por equipamentos; (3) aplicação de questionário junto aos usuários para avaliação do Voto Médio Estimado e (4) cruzamento de dados entre carta bioclimática, medições e Voto Médio Estimado para análises e conclusões. Os resultados permitiram correlacionar os dados gerados atestando o desconforto térmico do local. Com isso, na continuidade da pesquisa pretende-se contribuir para a melhoria de desempenho térmico da biblioteca setorial, visando melhores condições de conforto aos seus usuários.

Palavras-chave: Conforto Térmico, Avaliação de Desempenho Térmico, Predicted Mean Vote (PMV), Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD).

ABSTRACT

The present work presents a research focused on the analysis of the thermal conditions of a sectoral Library of the Federal University of Juiz de Fora, situated on the campus located in the city of Juiz de Fora, MG. The climate of the city, tropical of altitude, presents average temperatures in the range of 18°C to 22°C, with two seasons well defined, being in the comfort zone for most of the year, according to the bioclimatic chart of Givoni. Despite the favorable climate, if built environments are not adequate, they can generate risks such as tiredness, drowsiness, stress and reduced attention and concentration. The research is carried out within the scope of a Professional Training grant, aiming at theoretical and practical knowledge in the area of thermal comfort, including the use of the equipment of the Laboratory of Studies in Environmental Comfort and Sustainability. The general objective is to evaluate the thermal comfort conditions of the sectoral Library and the thermal sensation of comfort manifested by the users, aiming to obtain subsidies for the adaptation of the place. The methodological study of the Sectoral Library predicted qualitative and quantitative surveys, being divided in four stages: (1) Analysis of the project in function of the bioclimatic zone; (2) measurement of the environment by equipment; (3) application of a questionnaire to the users for evaluation of the Estimated Average Vote and (4) data crossing between bioclimatic chart, measurements and Estimated Average Vote for analyzes and conclusions. The results allowed to correlate the generated data attesting the thermal discomfort of the place. Thus, in the continuity of the research is intended to contribute to the improvement of thermal performance of the sector library, aiming at better conditions of comfort to its users.

Keywords: Thermal Comfort, Thermal Performance Evaluation, Predicted Mean Vote (PMV), Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD).

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata da análise das condições térmicas de uma Biblioteca setorial na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e a relação com o conforto ambiental. Utilizou-se de equipamentos específicos para a coleta de dados das temperaturas, umidade relativa do ar, temperatura do mobiliário e revestimentos e questionário de avaliação da sensação do conforto térmico, objetivando obter subsídios para propor intervenções arquitetônicas para oferecer melhores condições de permanência no local. A escolha pela biblioteca para investigação se deu em função da constante utilização e pela falta de conforto térmico do local manifestada informalmente pelos usuários em investigação prévia¹. Assim, “medir, analisar e comparar as variáveis ambientais e pessoais a padrões determinados por Normas existentes é o objeto de estudo e prática das pesquisas em conforto térmico” (PINTO, 2011, p.13). De acordo com Bartholomei (2003, p.1):

A sensação de bem-estar dos usuários de uma edificação está relacionada às condições estabelecidas pela interação entre a edificação e o ambiente ao seu redor. Essa interação é, provavelmente, o critério mais determinante do sucesso de um projeto e da valorização da qualidade dos ambientes internos e externos de uma edificação.

Com isso, o ambiente confortável traz para o usuário o bem-estar e o desempenho, entretanto se o mesmo não se apresenta confortável como altamente aquecido ou resfriado, pode gerar riscos como cansaço, sonolência, estresse, além de redução da atenção e concentração.

Inicialmente, a pesquisa foi norteada por uma revisão bibliográfica sobre pesquisas desenvolvidas em diferentes localidades em relação ao conforto térmico, assim como análise das metodologias e resultados. Dentre os trabalhos pesquisados, Antunes (2003), Malafaia, Reis-Alves e Zambrano (2004), Teixeira (2014) e Costa, Hatanaka e Nogueira, *et al.* (2016) se destacam para a aplicabilidade da presente pesquisa, servindo de base para a definição do procedimento metodológico e desenvolvimento do estudo.

Segundo a Norma Internacional ASHRAE Standard 55 (Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy), o conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Para o pesquisador dinamarquês Ole Fanger (1970, apud LAMBERTS, 2011, p.5) neutralidade térmica “[...] é a condição na qual uma pessoa não prefira nem mais calor nem mais frio no ambiente a seu redor”.

Assim, os dados coletados como as temperaturas, umidade relativa do ar, temperatura dos revestimentos e mobiliário, compõe uma investigação do conforto térmico e da sensação térmica do usuário no ambiente interno, servindo como diretrizes para propostas de intervenções no local na busca de soluções que amenizem os efeitos térmicos constatados.

2. OBJETIVO

O objetivo geral é avaliar as condições de conforto térmico da Biblioteca setorial e a sensação de conforto térmico manifestada pelos usuários, visando obter subsídios para adequação do local.

3. MÉTODO

O estudo metodológico da Biblioteca setorial previu levantamentos qualitativos e quantitativos. Além disso, foi realizada revisão bibliográfica para adquirir conhecimentos necessários do conforto térmico.

A campanha da coleta de dados com os equipamentos e questionário ocorreu duas vezes por semana durante o mês de março de 2017, sendo realizado em quatro pontos internos e um externo.

O procedimento metodológico consiste em quatro etapas:

1. Análise do projeto em função da zona bioclimática – consiste na avaliação da edificação identificando a ventilação natural e insolação através de estudo gráfico com a carta solar. Além disso, análise da quantidade de usuários e forma de uso dos espaços, a situação do local, se possuem luzes acesas ou apagadas, janelas e persianas abertas ou fechadas, bem como as condições do céu e questionário com os usuários para verificar a sensação térmica e caracterização das vestimentas.
2. Medição por termômetros – medições internas e externas com equipamentos para obter os dados de temperatura, umidade relativa do ar, temperatura de revestimentos e mobiliários.
3. Avaliação do Voto Médio Estimado (VME) – questionário referente à sensação térmica do usuário naquele espaço aplicado junto com as medições dos equipamentos.
4. Cruzamento de dados entre carta bioclimática, medições e Voto Médio Estimado.

¹ A investigação ocorreu de modo exploratório perguntando a opinião dos usuários na questão da sensação térmica do ambiente.

Como referências metodológicas foram utilizadas a ISO 7726 /1998 (Ambientes térmicos - instrumentos e métodos para a medição dos parâmetros físicos), NBR 15220-3/2005 (Desempenho Térmico de Edificações), a ISO 7730/2005 (Determinação e Interpretação analítica de conforto térmico usando o cálculo dos índices de PMV (Predicted Mean Vote) e PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) e critérios de conforto térmico local) e ASHRAE Standard 55/2013 (Condições Ambientais Térmicas para ocupação Humana).

3.1. Análise do projeto em função da zona bioclimática

A cidade de Juiz de Fora está situada na zona bioclimática número 3. Para avaliar a edificação foi realizada análise gráfica de ventilação e insolação e perguntas exploratórias das condicionantes internas. Após essa primeira avaliação foi possível identificar qual a área de maior necessidade para a coleta de dados, de acordo com os resultados da análise.

3.1.1. Caracterização da área de estudo

A biblioteca investigada localiza-se na Faculdade de Engenharia da UFJF. Sua implantação não recebe influência de edificações em seu entorno imediato, seja por projeções de sombras ou obstrução de iluminação e ventilação natural. A edificação possui dois acessos, sendo um no nível do platô da Faculdade de Engenharia e outro no nível do platô do Instituto de Ciências Exatas. O edifício possui quatro pavimentos, sendo que a área de estudo está localizada no 4º pavimento onde se tem o acesso pela Faculdade de Engenharia (Figura 1).



Figura 1: Localização da biblioteca e vista em marcação tracejado da área de estudo.
Fonte: Google Maps e Arquivo pessoal

As paredes externas são de alvenaria em blocos cerâmicos e as divisões internas com divisórias de painéis modulares. As janelas do tipo maxim-ar, possuem vidros transparentes, que recebem radiação solar direta. No seu interior, no salão de estudo há biombos individuais com capacidade para 73 alunos, 6 mesas redondas podendo ter 4 cadeiras, no infocentro 30 usuários e na sala de monitoria 20 alunos.

Em relação a temperaturas instantâneas, elas variaram entre 10,4°C e 19,1°C apresentando um valor médio de 15,7°C, local que apresenta uma grande diferença em relação ao centro da cidade que possui valor médio de 19,7°C devido ao fato de ser uma área de ilha de calor, pela presença de grandes construções, pouca vegetação e o grande trânsito de pedestres e automóveis (OLIVEIRA *et al.* 2008).

3.1.2. Caracterização da ventilação natural

Segundo Frota e Schiffer (2001, p. 124), a ventilação natural é o deslocamento do ar através do edifício, através de aberturas, umas funcionando como entradas e outras, como saídas. Assim, as aberturas para ventilação deverão estar dimensionadas e posicionadas de modo a proporcionar um fluxo de ar adequado ao recinto.

Para avaliar a edificação foi verificado se a arquitetura deste local atende de algum modo aos conceitos de arquitetura bioclimática. Esse primeiro estudo serviu para observarmos como o vento se comporta no ambiente interno (figura 3). Na região de estudo localizado na zona bioclimática 3, o vento predominante é

na direção norte para sul.

O edifício possui próxima das laterais vegetações que protegem os andares inferiores da radiação solar direta, isso se deve ao fato da topografia do terreno o que ajuda no frescor desses andares, porém no andar de estudo as vegetações não o protegem.



Figura 3: Estudo do vento predominante
Fonte: Elaboração própria

Na análise em relação aos ventos observou-se a entrada de vento pelas fachadas nordeste e noroeste, conforme figuras abaixo, percorrendo no ambiente, porém é necessário que todas as esquadrias estejam abertas, para termos a ventilação cruzada. Entretanto nesses ambientes nem sempre as porta e janelas estão abertas, o que gera a insuficiência de ventilação no interior.

As janelas permitem uma boa ventilação; no entanto o sistema de articulação não permanece fixo quando aberto, levando o fechamento devido ao vento, limitando a passagem de ar.

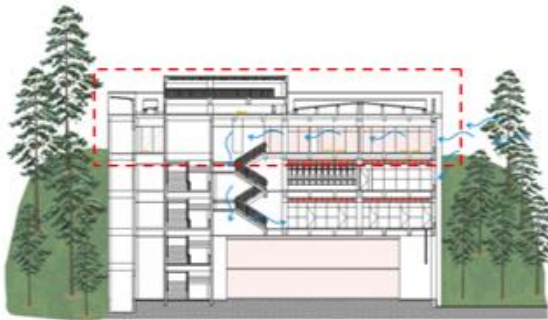


Figura 4: Corte AA', marcação em tracejado da área de estudo.
Fonte: Elaboração própria



Figura 5: Corte BB', marcação em tracejado da área de estudo.
Fonte: Elaboração própria

3.1.3. Análise com a carta solar

Na figura 6 é representada a carta solar da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais. Ela é referência para análise das fachadas da edificação. Em relação à radiação solar, o edifício está cercado de árvores que protegem os andares inferiores da radiação solar direta, fato que favorece o conforto de verão, mas compromete o de inverno. No andar de estudo a vegetação não provoca sombreamento, o que gera a incidência solar diretamente na fachada.

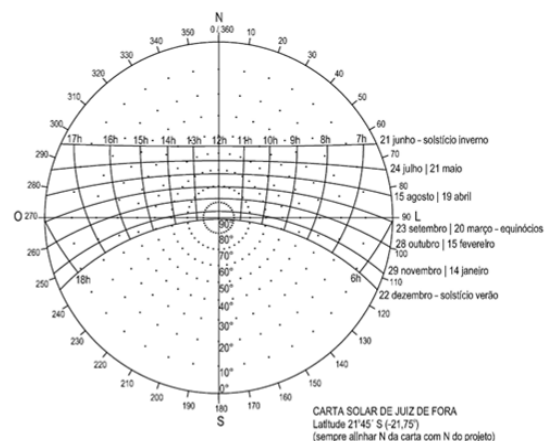


Figura 6 - Carta solar Juiz de Fora 21°45' S (ou - 21,75).
Fonte: Programa Luz do Sol, do LABEEE.

Deste modo, realizou-se a análise das fachadas com a carta solar, conforme apresentado abaixo e tivemos os seguintes resultados:

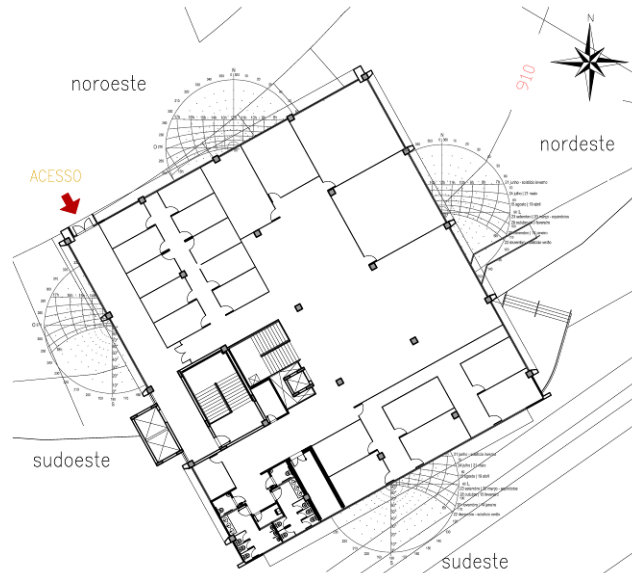


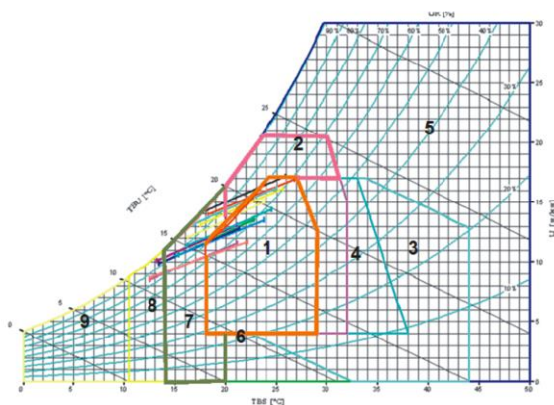
Figura 7 - Estudo solar do edifício.
Fonte: Elaboração própria

- Fachada nordeste: incidência de radiação solar na parte da manhã no inverno e verão.
- Fachada noroeste: incidência de radiação solar no inverno na parte da manhã e tarde; no verão à tarde.
- Fachada sudoeste: radiação solar no inverno e verão à tarde. Porém nessa fachada há proteção de árvores e com isso o sol não incide diretamente no espaço interno.
- Fachada sudeste: radiação solar no inverno no princípio da manhã e no verão durante a manhã.

Assim com o estudo da insolação observou-se que as fachadas da orientação nordeste e noroeste são as mais críticas em função de receberem maior insolação e não possuírem nenhum tipo de proteção externa. A partir dessas análises definiu-se os pontos para as medições com os equipamentos.

3.1.4. Análise da carta bioclimática de Givoni

A carta bioclimática de Givoni (1992) para países em desenvolvimento se baseia em temperaturas internas de edifício, nela existe os limites máximos de conforto considerados para a região de clima quente. A carta de Givoni relaciona valores de temperatura de bulbo seco, umidade relativa e umidade absoluta, delimitando áreas para adoção de estratégias construtivas. No diagrama são traçados os limites de temperatura e umidade considerada como zona de conforto que neste caso é representado pelo número 1. Especificamente em relação à cidade de Juiz de Fora, observam-se temperaturas nas zonas que correspondem a estratégias de ventilação, massa térmica para aquecimento e aquecimento solar passivo.



- 1 Zona de Conforto
- 2 Zona de Ventilação
- 3 Zona de Resfriamento Evaporativo
- 4 Zona de Massa Térmica para Resfriamento
- 5 Zona de ar Condicionado
- 6 Zona de Umidificação
- 7 Zona de Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo
- 8 Zona de Aquecimento Solar Passivo
- 9 Zona de Aquecimento Artificial

- | | |
|-------------|------------|
| ■ Janeiro | ■ Abril |
| ■ Fevereiro | ■ Maio |
| ■ Março | ■ Junho |
| ■ Julho | ■ Outubro |
| ■ Agosto | ■ Novembro |
| ■ Setembro | ■ Dezembro |

Figura 8: carta bioclimática de Givoni para Juiz de Fora
 Fonte: LABEEE

Portanto, estas estratégias, sendo adotadas em projeto poderão trazer melhores condições de conforto térmico.

3.2. Medições por instrumentos

O projeto apresentou estudos realizados com o auxílio do equipamento Medidor de Stress Térmico modelo TGD-400 da Instrutherm, com resolução de 0,1°C e precisão de $\pm 0,5^\circ\text{C}$ que foi utilizado para medir a temperatura e umidade relativa do ar. Este equipamento possui todos os instrumentos necessários para a medição do IBUTG, sendo composto pelo termômetro de globo, seco, e de bulbo úmido acoplado a um sistema eletrônico. O medidor fornece o IBTGU calculado de forma automática na função WBGTI, que é uma sigla equivalente em inglês (Wet Bulb Globe Temperature Index) (CABRAL, 2013).



Figura 9 – Aparelho Medidor de Stress Térmico.



Figura 10 – Aparelho Câmera Infravermelha

Câmera Infravermelha modelo Thermal Imagers Ti9 fabricado pela empresa Fluke com precisão de medição de temperatura de $\pm 5^\circ\text{C}$ ou 5% e alta performance do desempenho da imagem, a faixa de temperatura das imagens térmicas vai de -20°C a $+ 250^\circ\text{C}$, sensibilidade térmica (NETD) $\leq 0,2^\circ\text{C}$ em 30°C (200mk); faixa espectral do infravermelho $7,5\mu\text{m}$ a $14\mu\text{m}$, câmara visual com resolução de 640×480 . O equipamento é capaz de medir e reproduzir em imagem a radiação de infravermelho emitida por objetos. O Ti9 apresenta emissividade permanente fixa em 0,95, que funciona bem com a maioria das superfícies, porém pode fornecer leituras muito inexatas se usadas diretamente em superfícies metálicas.

3.2.1. Medições internas

As medições foram realizadas em três etapas: 1ª pré-teste - manusear os equipamentos verificando as leituras e coleta de dados, além do tempo de permanência do aparelho no local, durante um período de 10 minutos; 2ª pré-teste – medição exploratória ocorreu dia 14/09/2016, considerado equinócio de primavera, no período da manhã/tarde de 10:35h as 14:20h e no período da tarde/noite de 16:28h as 18:40h.

Nessa segunda etapa obteve o gráfico com resultados que mostram que esses ambientes apresentam algum tipo de desconforto térmico, devido ao aumento da temperatura.

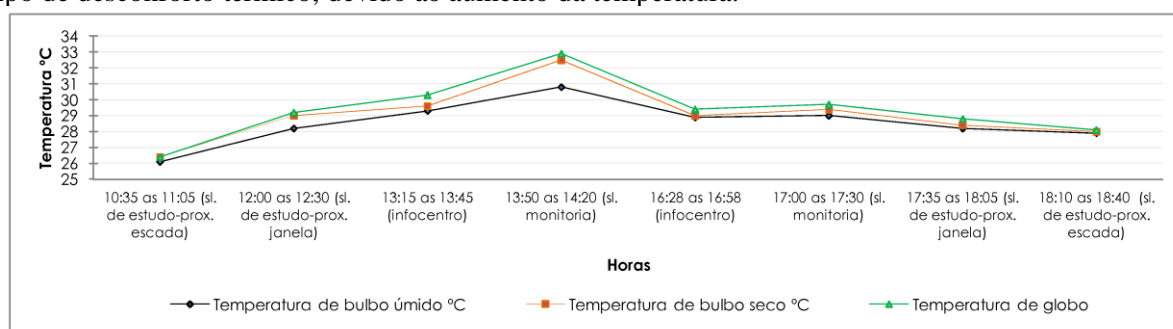


Figura 11: Resultado das medições
 Fonte: Elaboração no Excel

No decorrer das medições utilizou-se o equipamento Câmera Infravermelha para medir a temperatura interna da parede das fachadas noroeste e nordeste, a fim de atestar o quanto a temperatura do material pode interferir no ambiente. O resultado obtido é a variação de temperatura do revestimento interno entre 24°C a 46°C , ou seja, essa radiação no material pode impactar a temperatura interna.

A 3ª etapa de medição interna e externa foi realizada no mês de março 2017, início do equinócio, sendo realizada duas vezes por semana, com total de 6 amostragens. Os locais de medições conforme representado na figura 14, foram estabelecidos após análise do projeto em função da zona bioclimática, sendo os seguintes pontos: 1º salão de estudo localizado próximo à escada, 2º ainda no mesmo local, porém próximo à janela, 3º infocentro, 4º sala de monitoria e o 5º área externa na fachada noroeste.

O procedimento para medição do equipamento foi ficar sobre a mesa de estudo dos usuários, altura de 735mm das atividades que eles realizam.

Em todos os dias das medições a condição do céu limpo com nuvens altas, os ambientes com luzes acesas (Philips, TLD-18W-54, com 4 lâmpadas na luminária de embutir, medindo 618x618mm com refletor e aletas de alumínio brilhante), persianas abertas no salão de estudo e parcialmente fechada no infocentro e sala de monitoria, a quantidade de usuários no local estava abaixo nas duas primeiras semanas, pelo fato de começar o semestre letivo neste mês.

A coleta de dados teve duração de 30 minutos para cada ambiente fazendo a leitura de início e término, ao fim é feito a média desses dois resultados. Para cada espaço foi elaborado um gráfico de temperatura °C x hora/local.

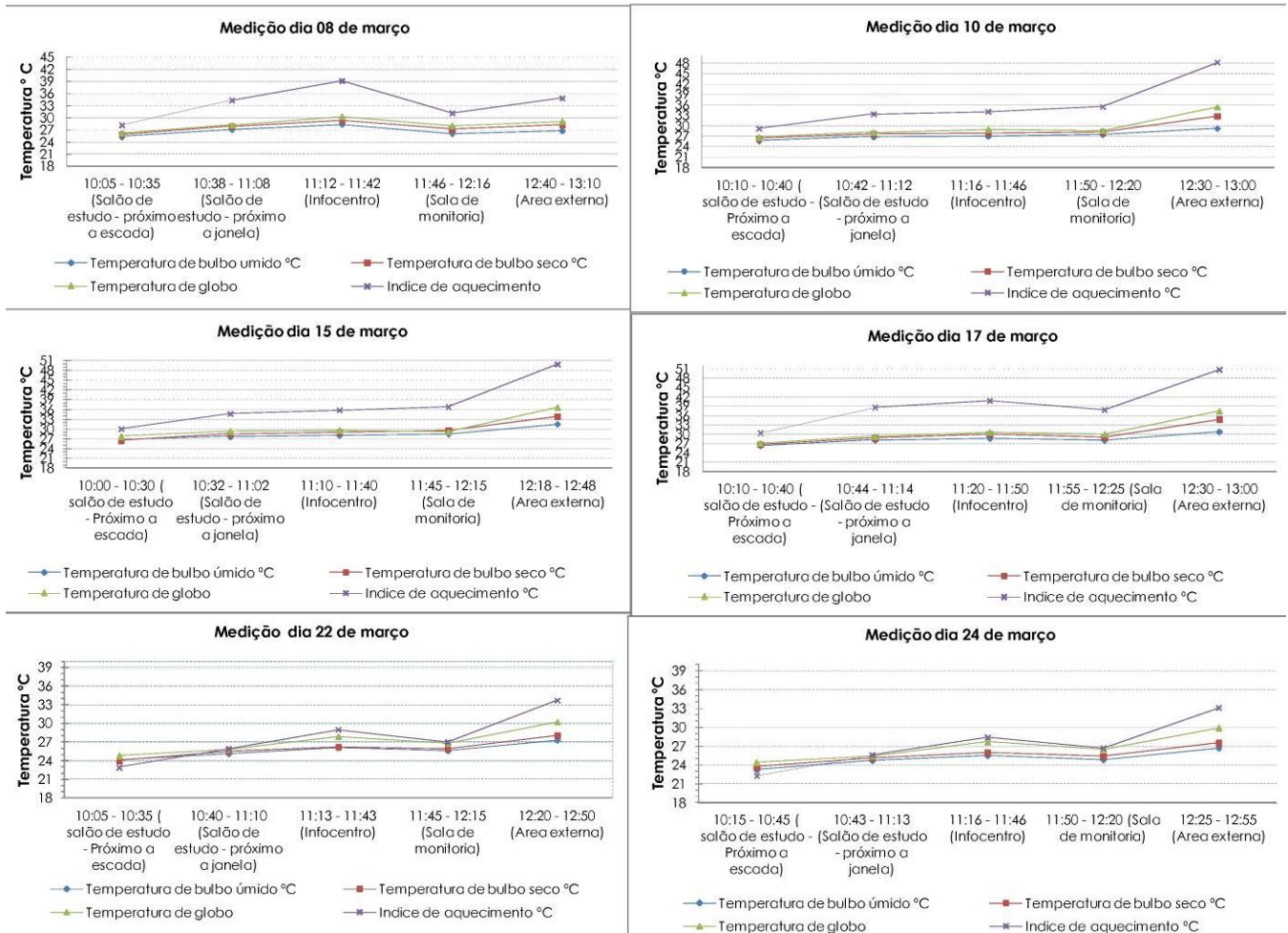


Figura 12 – Resultado das medições

Fonte: Elaborado no Excel

De acordo com o gráfico as temperaturas mais elevada no ambiente interno ocorreu nos dias 08, 15 e 17 com 30°C, no infocentro e no dia 15 e 17 próximo de 30°C no salão de estudo próximo a janela e na sala de monitoria. Já na área externa a temperatura estava sempre elevada, isso decorrer pelo local ser descampado e sofrer as interferências diretas do clima.

Com a Câmara Infravermelha obtêm informações da temperatura do mobiliário e revestimento, com imagens da radiação de infravermelho emitida pelo objeto. Conforme mostra a figura abaixo.

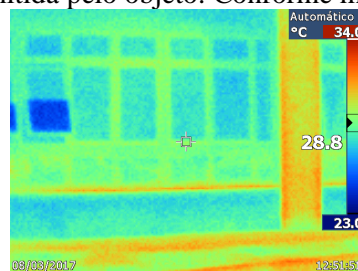


Figura 13 – Imagem térmica

Fonte: Câmera infravermelha

Para obtenção dos dados da sensação térmica foram aplicados questionário aos usuários que estavam próximo ao equipamento de medição, totalizando 72 entrevistados.

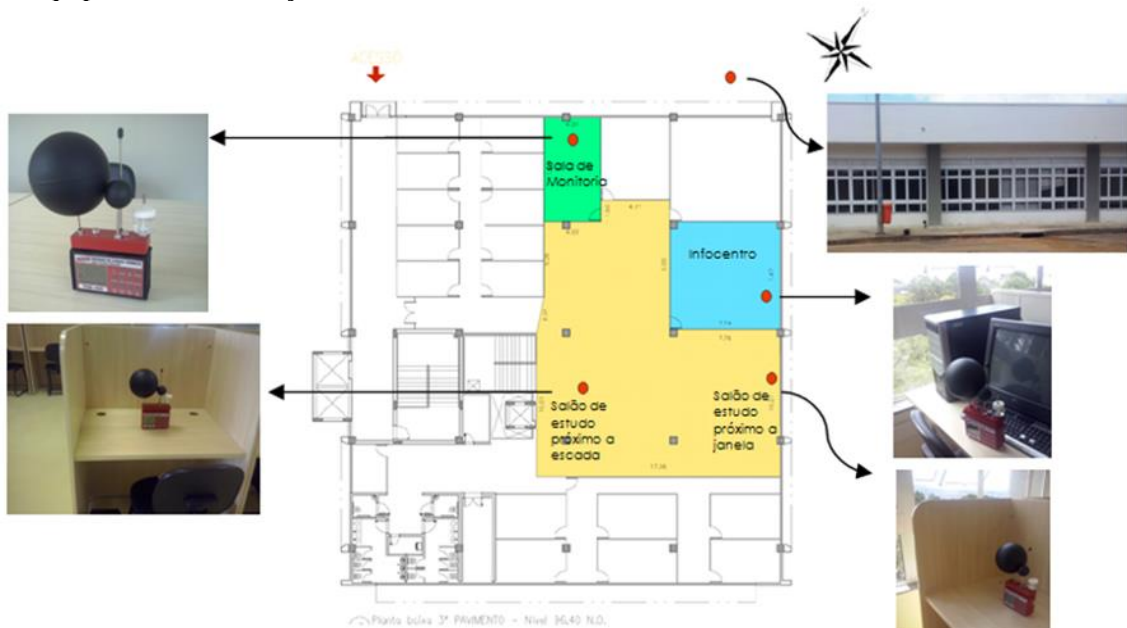


Figura 14 – marcação das áreas para medições.
Fonte: Elaboração própria

3.3. Avaliação do Voto Médio Estimado (VME)

A ISO 7730 (2005) esclarece que a sensação térmica do ser humano está relacionada principalmente ao equilíbrio térmico do seu corpo como um todo. Este equilíbrio é influenciado pela atividade física e pelo vestuário, bem como os parâmetros ambientais: temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade do ar. Quando esses fatores forem estimados ou medidos, a sensação térmica para o corpo como um todo pode ser prevista através do cálculo do Voto Médio Estimado (PMV). Conforme a norma é necessária que o percentual de insatisfeitos termicamente com o ambiente seja no máximo de 10%.

Segundo Fanger VME, prevê que o voto médio de um indivíduo ou grupo de pessoas nas mesmas condições, apresenta uma escala de pontuação que varia de -3 (frio) a +3 (quente).

Para avaliar a sensação térmica aplicou-se questionário com os usuários que estariam próximo ao equipamento. Foram coletadas informações de atividade desenvolvida, tempo de chegada e permanência, sensação térmica e preferência de conforto e vestimenta.

A partir das informações obtidas nos questionários, foi utilizado o software Ladesys v1.0 (LADE) sendo calculado o Voto Médio Preditivo (PMV) e o Percentual de Pessoas Insatisfeitas (PPD). Os dados inseridos no programa são a partir da média dos resultados das medições, sendo:

- Temperatura de bulbo seco °C: obtida com o equipamento Medidor de Stress Térmico.
- Velocidade do ar (m/s): realizado com o equipamento anemômetro.
- Temperatura radiante média (temperatura de bulbo seco, temperatura de globo e velocidade do ar) °C: Para cálculo da temperatura radiante média, utiliza-se a seguinte equação:

$$t_{rm} = [(t_g + 273)^4 + 0,4 \cdot 10^8 \cdot (t_g - t_a)^{1/4} \cdot (t_g - t_a)]^{1/4} - 273 \text{ (fonte: Lamberts, 2011)} \quad \text{equação 1}$$

Onde:

V_a = velocidade absoluta do ar ao nível do globo, em m/s;

t_{rm} = temperatura do ar, em °C;

t_g = temperatura de globo, em °C.

t_a = temperatura do ar, em °C

- Umidade relativa(%): dados extraídos do INMET, sendo feito uma média dos dias que ocorrerão à medição.
- Vestimenta e taxa metabólica: de acordo com o resultado do questionário aplicado, considerando os usuários sentados.

A partir desses resultados foram gerados os gráficos de percepção térmica dos usuários de acordo com a sensação térmica neste momento (muito quente, quente, levemente quente, neutro, levemente frio, frio e muito frio) e preferia térmica para o ambiente (muito mais frio, mais frio, levemente mais frio, nenhuma mudança, levemente mais quente, mais quente e muito mais quente); e PMV- PPD no programa Ladesys dos ambientes internos, com valores das médias.

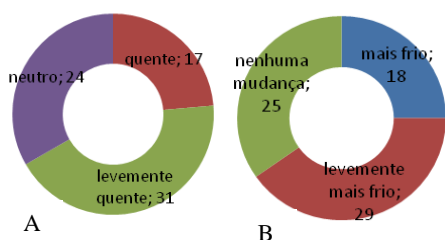


Figura 15 – (A) Sensação térmica neste momento; (B) Preferência térmica.
Fonte: Elaborado no Excel

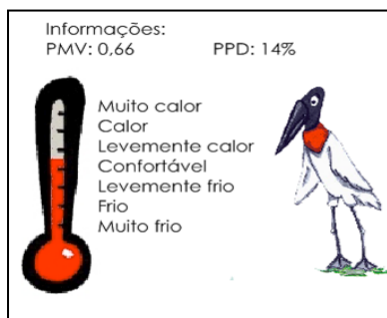


Figura 16 – Resultado geral do PMV e PPD
Fonte: Ladesys v1.0, adaptado

Na figura 15 o gráfico (A) da sensação térmica neste momento dos usuários, mostra que a percepção dos usuários com o meio é de levemente quente, de acordo com a escala Fanger representa +1, ambiente acima do considerado confortável. Já na figura 15 (B), gráfico da preferência térmica para a biblioteca, os entrevistados apontam que o lugar poderia estar levemente mais frio, assim poderia ter melhor rendimento acadêmico e maior permanência no local com o ambiente mais fresco.

Na figura 16 para o cálculo realizado estabelece a média de todos os ambientes internos, obtendo o resultado de PMV com 0,66, próximo da escala +1 de Fanger, neste caso o termômetro marca entre confortável e levemente calor. Em relação ao Percentual de Pessoas Insatisfeitas (PPD), apresenta um total de 14%, ou seja, acima do limite estabelecido pela ISO 7730 que deveria ser inferior a 10%.

Como podemos observar os dois resultados apresentam as mesmas percepções dos usuários com o meio, de desconforto térmico, uma sensação não agradável para a maioria dos frequentadores.

3.4. Cruzamento de dados entre Carta Bioclimática, Medições e Voto Médio Estimado (VME)

No cruzamento de dados os resultados obtidos são apresentados lado a lado na tabela abaixo para comparação. Os valores representam a média total dos ambientes internos nos dias das medições.

Tabela 1 – Resultados gerais das temperaturas.

Dia da medição	Temperatura de bulbo úmido * (°C)	Temperatura de bulbo seco * (°C)	Umidade relativa** (%)	PMV geral	PPD (%) geral
8	26,7	27,6	89	0,66	14
10	26,7	27,5	88		
15	27,8	28,3	88		
17	27,8	28,6	56		
22	25,2	25,4	73		
24	24,5	25	98		
Média Total	26,5	27,1	82		

*Utilizado a média dos ambientes internos

** Dados do INMET

De acordo com os resultados na tabela para as temperaturas médias totais, valor do bulbo seco acima de 27,1°C os usuários não estariam em conforto térmico, sendo comprovado pelo PPD que está acima de 10%, limite estabelecido por norma.

4. RESULTADOS

O resultado das medições e do voto médio estimado mostrou-se que as temperaturas de modo geral, nos primeiros quatro dias de coleta de dados apresentam de modo praticamente constante, vale ressaltar que de acordo com o gráfico o infocentro é o ambiente com temperaturas mais elevadas; um dos fatores que elava a temperatura são os computadores que ficam ligados por um grande período de tempo.

De acordo com a escala de Fanger o PMV da sensação térmica pode variar a classificação de +3 a -3, de modo geral nos ambientes internos temos sensação próximo de +1 levemente quente.

Com a Câmera Infravermelha focada na fachada noroeste, observamos que o revestimento apresenta cor alaranjado com maior concentração de temperatura, que também é observado nos perfis das esquadrias de alumínio de cor branca, tendo esse calor transmitido para o espaço interno e conseqüentemente a um aumento das variáveis ambientais.

5. CONCLUSÕES

De forma geral conclui-se com os resultados obtidos na pesquisa a biblioteca setorial, não se enquadra na zona de conforto ideal. Apesar do clima ser favorável, as condicionantes do local se encontra de forma inadequada e isso gera aos usuários cansaço, sonolência, stress e redução da atenção e concentração, o que acaba interferindo diretamente no rendimento acadêmico. Podemos atestar que o ambiente esta termicamente desconfortável por apresentar resultados do PPD superiores a 10% de insatisfeitos, o que é acima do limite de insatisfeitos admissível pela Norma ISO 7730 (2005).

Diante disso foi possível obter subsídios para adequação do local, sendo que a intervenção de imediato seria a colocação nas janelas de um sistema que fixa a sua abertura a 60°, desta forma evitará que ela se feche com a força do vento. Para a fachada nordeste colocação de brise horizontal com distância de 800mm da janela. Na fachada noroeste brise horizontal na direção da marquise da laje, conforme figura ao lado, evitando a incidência do sol da tarde diretamente nas janelas, além disso, proteção dos usuários nesta calçada, já que a janela abre na passagem.

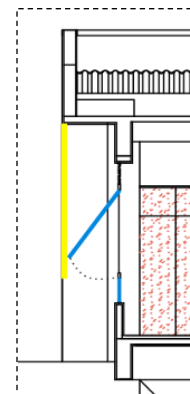


Figura 17 –
brise em
amarelo

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.
- ANTUNES, Flávia Corrêa Borges. **Efeitos da vegetação no conforto ambiental interno em edifícios corporativos**. Universidade Federal de Viçosa – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal. Viçosa, 2003.
- ASHRAE Standard 55 – 2013: **Condições Ambientais Térmicas para ocupação Humana**
- BARTHOLOMEI, Carolina Lotufo Bueno. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. Universidade Federal de Campinas – Faculdade de Engenharia Civil. Campinas, SP. 2003.
- CABRAL, Felipe Maciel. **Análise da demanda ergonômica, medição de iluminância e temperatura em um supermercado**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento Acadêmico de Construção Civil - Especialização em Engenharia de Segurança Do Trabalho. Curitiba, 2013.
- COSTA, Débora; HATANAKA, Aparecida; NOGUEIRA, Flávia; PANZA, Gustavo; KNUDSEN, Marcelo. **Conforto adaptativo e percepção do usuário: Correspondências no estudo da biblioteca da pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo**. ENTAC 2016 - São Paulo, Brasil, 21, 22 e 23 de setembro de 2016.
- FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto térmico**. 5ª Edição. São Paulo: Studio Nobel, 2001.
- LADE - Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Edificações. Disponível em: <http://www.dec.ufms.br/lade/index2.php?p=6&s=10>, acessado em 03 de março de 2017.
- ISO 7726 – 1998: **Ambientes térmicos - instrumentos e métodos para a medição dos parâmetros físicos**
- LAMBERTS, Roberto. **Conforto e Stress Térmico**. Universidade Federal de Santa Catarina – Centro Tecnológico – Departamento de Engenharia Civil. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE), Junho/2011.
- MALAFAIA, Cristina; REIS-ALVES, Luiz Augusto dos e ZAMBRANO, Letícia Maria de Araújo. **O conforto higrotérmico. Um estudo baseado no modelo de Fanger: PMV e PPD**. Programa de pós-graduação em arquitetura. Universidade Federal do Rio de Janeiro- Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. 2004.
- Normas ISO 7730 – 2005: **Determinação e Interpretação analítica de conforto térmico usando o cálculo dos índices de PMV (Predicted Mean Vote) e PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) e critérios de conforto térmico local**
- OLIVEIRA, Cristina; OLIVEIRA, Daiane; ASSIS, Débora et al. **Diferenças térmicas ocasionadas pela alteração da paisagem natural em uma cidade de porte médio- Juiz de Fora, MG**. Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.
- PINTO, Norma de Melo. **Condições e parâmetros para a determinação de conforto térmico em ambientes industriais do ramo metal mecânico**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Mestrado em Engenharia de Produção. Ponta Grossa, 2011.
- TEIXEIRA, Aldely Ângelo Almeida. **Avaliação do conforto térmico em containers metálicos utilizados como alojamento em canteiro de obras**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Departamento Acadêmico de Construção Civil – Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Monografia de especialização, Curitiba, 2014.