

ANÁLISE DE CONDIÇÕES TÉRMICAS NOS BLOCOS DIDÁTICOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS - REGIONAL CATALÃO

Analysis of thermal conditions in education center of Federal University of Goiás – Regional Catalão

Débora Adiane Borges¹, Ed Carlo de Rosa Paiva², Antover Panazzolo Sarmiento³, André Alves de Resende⁴

Recebido em 21 de novembro de 2015; recebido para revisão em 28 de janeiro de 2016; aceito em 24 de março de 2016; disponível on-line em 11 de maio de 2016.



PALAVRAS CHAVE:

Conforto térmico;
Estresse térmico;
Índice VME (Voto Médio Estimado);
PPD (Porcentagem Estimada de Insatisfeitos);
IBUTG (Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo);

KEYWORDS:

Thermal comfort;
Thermal stress;
PMV index (Predicted Mean Vote);
PPD index (Predicted Percentage of Dissatisfied);
WBGT index (Wet Bulb Globe Temperature);

RESUMO: Este trabalho objetivou analisar as condições térmicas dos blocos didáticos da Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão. O conforto térmico foi avaliado pela ISO 7730 (ISO, 2005) por meio dos índices PMV e PPD e das prescrições da NR 17 (BRASIL, 1978), enquanto o estresse térmico foi avaliado pelo valor máximo do IBUTG conforme a NR 15 (BRASIL, 1978) e a NHO 06 (BRASIL, 2002). As medições foram realizadas na sala 301 do Bloco Didático 1 (BD1) utilizando-se um medidor de estresse térmico para medir o IBUTG e as temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e globo, usadas para determinar a temperatura efetiva e os índices PMV e PPD com o auxílio dos programas Grapsi v. 5.1 e Ladesys v. 1.0. A sala foi considerada desconfortável por calor principalmente na primavera e verão, enquanto no outono e inverno houve dias confortáveis para ela desocupada, sem garantir que permaneceria confortável quando cheia de alunos. Possíveis soluções para o problema seria a colocação de brises na fachada esquerda do BD1, arborização e instalação de climatizadores. As contribuições deste trabalho envolveram a análise do desconforto térmico em uma instituição de ensino e os possíveis impactos na produtividade, motivação por mais pesquisas na área e a citação de estratégias para amenizar o desconforto térmico.

ABSTRACT: This study aimed to analyze the thermal conditions of the Education Center at the Federal University of Goiás, Regional Catalão. Thermal comfort was evaluated by ISO 7730 (ISO 2005) through of PMV and PPD indexes and the requirements of NR 17 (BRAZIL, 1978), while the thermal stress was evaluated by the WBGT maximum value according to NR 15 (BRAZIL, 1978) and NHO 06 (BRAZIL, 2002). Measurements were performed at classroom 301 of the Education Center 1 using a thermal stress meter to measure the WBGT and dry bulb temperature, wet bulb and globe, used to determine the effective temperature and PMV and PPD indexes with the help of programs Grapsi v. 5.1 and Ladesys v. 1.0. The classroom was considered uncomfortable for heat mainly in spring and summer, while in autumn and winter there were comfortable days to empty classroom, without to ensure that it remained comfortable in the classroom full of students. Possible solutions to the problem would be put solar protections in the left side of the Education Center I, forestation and air conditioners installation. The contributions of this work involved the analysis of thermal discomfort in an educational institution and the possible impacts on productivity, motivation for further research in the area and the citation of strategies to mitigate the thermal discomfort.

* Contato com os autores:

¹ e-mail: deboraadiane@gmail.com (D. A. Borges)

Discente do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (UFG), Regional Catalão.

² e-mail: edcarlopaiva@yahoo.com.br (E. C. de R. Paiva)

Doutor em Eng. Agrícola, Rec. Hídricos e Ambientais, Docente do curso de Eng. Civil da Univ. Federal de Goiás, Regional Catalão.

³ e-mail: antoverps@gmail.com (A. P. Sarmiento)

Doutor em Recursos Hídricos e Ambientais, Docente do curso de Eng. Civil da Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão.

⁴ e-mail: aaresende@gmail.com (A. A. de Resende)

Doutor em Eng. Mecânica, Docente do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão.

1. INTRODUÇÃO

O ser humano tem buscado constantemente ambientes confortáveis e adequados para suas atividades. Essa busca justifica-se relevante após as comprovações através de vários estudos e nas observações práticas do dia a dia que o desempenho de estudantes e trabalhadores é altamente afetado pelas condições ambientais, sendo que eles produzem mais em ambientes confortáveis (JAMES e CHRISTIAN, 2012; HUANG *et al.*, 2015). Nesse contexto, existem duas condições ambientais térmicas importantes para caracterizar um local: o conforto térmico e o estresse térmico.

O conforto térmico é definido como a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico (ASHRAE, 2004). E o estresse térmico é definido por Lamberts e Xavier (2002) como o estado psicofisiológico a que está submetida uma pessoa, quando exposta a situações extremas de frio ou calor.

Enquanto o estresse térmico gera risco potencial de danos à saúde, o desconforto térmico pode não afetar a saúde tão gravemente, todavia pode ter como consequência uma queda significativa no rendimento. Tanto a qualidade quanto a temperatura do ar têm efeitos no desempenho das pessoas em escolas e escritórios, e segundo Wyon (2000), a experiência pessoal já é suficiente para que a maioria das pessoas se convença do quanto é difícil estudar ou trabalhar de forma eficiente quando está muito quente ou muito frio.

Uma das pesquisas referentes na área de conforto térmico foi desenvolvida por Fanger em 1970 na Universidade da Dinamarca onde foram estabelecidos dois índices: o Voto Médio Estimado (PMV – *Predicted Mean Vote*) e o Percentual estimado de insatisfeitos (PPD – *Predicted Percentage of Dissatisfied*). A partir do estabelecimento dos métodos desenvolvidos por Fanger, foi elaborada a primeira edição da norma internacional ISO 7730 – Ambientes térmicos moderados – Determinação dos índices PMV e PPD e especificação das condições para conforto

térmico, no ano de 1984 (GOUVÊA, 2004; LAMBERTS e XAVIER, 2002). No Brasil, somente a Norma Regulamentadora n°. 17 – Ergonomia (BRASIL, 1978), possui um item voltado para o conforto térmico.

Quanto ao estresse térmico, ele é caracterizado pela situação que excede o limite de exposição ocupacional ao calor dado pelo valor máximo permissível do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo – IBUTG. Ele é referido e normatizado pela ISO 7243/1989 – Ambientes quentes – Estimativa do estresse por calor em trabalhadores baseado no IBUTG e pelas normas brasileiras NR 15 e NHO 06. Nesta pesquisa foram abordados os critérios das normas brasileiras (BRASIL, 1978; 2002; LAMBERTS e XAVIER, 2002).

O Brasil é um país próximo à linha do Equador com quase todo o seu território de clima equatorial e tropical, e no geral, a sua temperatura é elevada proporcionando possíveis condições de desconforto térmico e estresse térmico. Visto que esse desconforto em ambientes de trabalho e escolar tem como consequência a redução do rendimento de trabalho ou estudo, justifica-se a necessidade de estudos para a maior consolidação do tema (GOUVÊA, 2004; IBGE, 2014).

Considerando, também, que a cidade de Catalão se encontra na região de clima tropical do país, ela apresenta temperaturas elevadas na maior parte do ano, o que pode proporcionar desconforto térmico e estresse térmico em ambientes fechados como salas de aulas e escritórios. Nessa cidade encontra-se a Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão onde estudantes, professores e técnicos passam grande parte do dia. Portanto, deve-se dar uma atenção especial para esse ambiente de trabalho fornecendo condições ambientais satisfatórias e confortáveis que contribuam com a eficiência e produtividade dos membros da universidade.

2. OBJETIVOS

Esta pesquisa objetivou analisar as condições de conforto térmico nos blocos didáticos da Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão

por meio dos índices PMV e PPD. Visando, ainda, comparar o resultado com a avaliação proposta na NR 17 (BRASIL, 1978) e verificar se, o estresse térmico é atingido ou não, conforme a NR 15 (BRASIL, 1978) e a NHO 06 (BRASIL, 2002). Além de propor possíveis soluções que pudessem amenizar o desconforto térmico ou estresse térmico, caso fosse verificado como ocorrente.

3. REVISÃO TEÓRICA

3.1 CONFORTO TÉRMICO

O índice de conforto térmico mais utilizado para avaliar a sensação térmica em um ambiente moderado é o PMV. Ele avalia o ambiente térmico baseado na avaliação de seis fatores, sendo quatro fatores internos ou ambientais

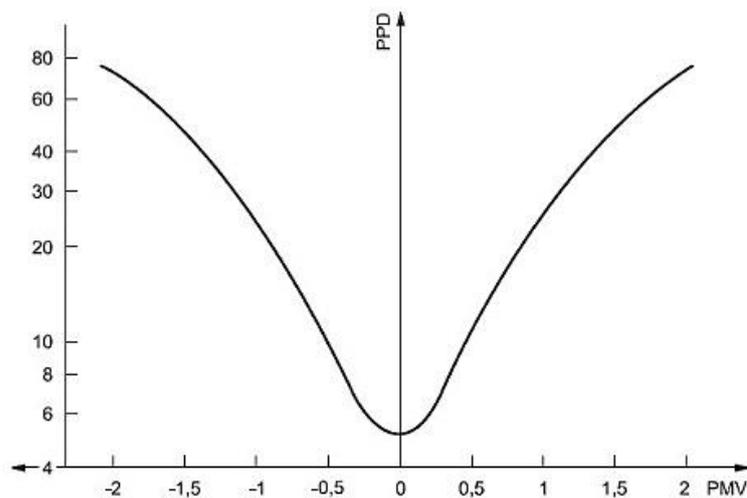
(temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade do ar e umidade relativa do ar) e dois fatores externos ou pessoais (vestimenta e atividade) (ASHRAE, 2004; BRODAY, 2013).

De acordo com a ISO 7730 - Ergonomia do ambiente térmico – Determinação analítica e interpretação do conforto térmico usando cálculo dos índices PMV e PPD e critérios de conforto térmico local, que é a terceira edição da norma, o PMV é um índice que prevê a sensação térmica média de um grande grupo de pessoas em uma escala de sete pontos, definida como mostrada na Tabela 1 (ISO, 2005). Ele está diretamente relacionado ao índice PPD, que é a porcentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente avaliado, através das equações apresentadas na ISO 7730 (ISO, 2005) e do gráfico representado na Figura 1.

TABELA 1: Escala de classificação do ambiente pelo índice PMV.

-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Muito frio	Frio	Leve sensação	Neutralidade de térmica	Leve sensação	Calor	Muito calor

FONTE: ISO (2005).



Key
 PMV predicted mean vote
 PPD predicted percentage dissatisfied, %

FIGURA 1: PPD como função do PMV.

FONTE: ISO (2005).

De acordo com a escala da Tabela 1, o conforto térmico estaria na faixa de -0,5 a +0,5, caracterizado pela neutralidade térmica, isso é pela “condição na qual uma pessoa não prefira nem mais calor nem mais frio no ambiente a seu redor” (FANGER, 1970). Todavia, por se tratar de uma sensação dependente das pessoas, o conforto térmico é bastante subjetivo podendo variar de uma pessoa para outra, assim como pode ser alterado por fatores como sexo e idade. Estudos como os de Corgnati; Fillippi e Viazzo (2007) mostraram diferenças entre as preferências das condições térmicas entre estudantes de idades diferentes no ensino médio e na universidade e também mostraram que alguns estudantes consideraram uma faixa aceitável diferente dos valores entre -0,5 e +0,5 para o índice PMV. Nico; Liuzzi e Stefanizzi (2015) mostraram que também existem divergências entre as respostas às condições térmicas entre homens e mulheres, afirmando que geralmente pessoas do sexo feminino preferem ambientes mais quentes. E devido às diferenças individuais, torna-se difícil satisfazer termicamente todas as pessoas de um determinado espaço. Então, o ideal é estabelecer condições ambientais que ofereçam bem-estar ao maior número possível de pessoas. Para isso, existem algumas formas de controle, tecnologias e procedimentos que podem melhorar o ambiente térmico e que são indiscutivelmente benéficas para o aumento do nível de aceitabilidade desse espaço para a maioria das pessoas, melhorando a saúde e produtividade (FISK e ROSENFELD, 1997; NOGUEIRA e SCHERER, 2002).

Ressalta-se que o conforto térmico no Brasil também é avaliado de acordo com a NR 17 que considera que nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes são recomendados índice de temperatura efetiva entre 20 °C e 23 °C; velocidade do ar não superior a 0,75m/s e umidade relativa do ar não inferior a 40 por cento (BRASIL, 1978).

Diferentes pesquisadores avaliaram o conforto térmico através de ambas as formas, a exemplo de Nogueira e Scherer (2012), que fizeram

essa avaliação em um shopping na cidade de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, tanto através dos índices PMV e PPD, quanto através do índice de temperatura efetiva da NR 17. Elas consideraram que o ambiente estudado não era termicamente agradável por apresentar um valor do índice PMV superior a +0,5 e do PPD a 10%, mas ao avaliar o conforto térmico pelo índice de temperatura efetiva, elas consideraram que os índices poderiam ser satisfatórios por não se tratar de um ambiente que exigia solicitação intelectual e atenção constante.

Porém, alguns outros estudos buscaram considerar melhor a preferência e aceitabilidade de cada pessoa, e para isso analisaram o PMV e o PPD de duas formas: objetiva e subjetiva (CORGNATI; FILLIPPI e VIAZZO, 2007; BATIZ *et al.*, 2009; NICO; LIUZZI e STEFANIZZI, 2015). A primeira é a tradicional obtida por meio de medições de fatores ambientais e determinação de fatores pessoais, proposta pela ISO 7730 (2005), e a segunda é realizada através de questionários em que os entrevistados respondem qual a sua sensação térmica dentro dos índices da escala de classificação do PMV. Batiz *et al.* (2009) e Nico; Liuzzi e Stefanizzi (2015) mencionam que há uma grande coincidência entre os valores medidos e os subjetivos, assegurando o método proposto pela ISO 7730 (2005).

3.2 ESTRESSE TÉRMICO

O estresse térmico é mais agravante que o desconforto térmico, pois quando o ser humano é submetido a esse estado, ele pode sofrer a debilitação do estado geral de saúde, alterações das reações psicossensoriais e a queda da capacidade de produção. Em temperaturas altas, as pessoas ficam com a capacidade de concentração reduzida e podem exibir comportamento agressivo e de irritabilidade. Sendo assim, torna-se necessário conhecer as condições ambientais e o tipo de trabalho que possam levar a esse estado e analisar o tempo que o homem pode ficar exposto a essa situação (LAMBERTS e XAVIER, 2002; JAMES e CHRISTIAN, 2012). Tanto a NR 15 quanto a NHO 06 possuem quadros com os limites de tolerância,

ou seja, os valores máximos do IBUTG em relação à taxa metabólica. Ressalta-se que após a determinação desse índice, um ambiente caracterizado por um valor que supere os limites recomendados, apresentando estresse térmico é considerado insalubre e deve obedecer aos tempos de trabalho/descanso da NR 15. Logo, as duas normas diferenciam-se porque enquanto a NR 15 relaciona os ciclos de trabalho/descanso com a atividade desempenhada em função dos valores máximos do IBUTG, a NHO 06 estabelece os critérios e procedimentos que são necessários para avaliar a exposição ocupacional ao calor (BRASIL, 1978; 2002; LAMBERTS e XAVIER, 2002).

Segundo a NR 15 (1978), o IBUTG é um índice que avalia a exposição ao calor e é calculado por meio da Equação 1, para ambientes internos ou externos sem carga solar, e através da Equação 2, para ambientes externos com carga solar.

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg} \quad \text{Eq. [1]}$$

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,1 \text{ tbs} + 0,2 \text{ tg} \quad \text{Eq. [2]}$$

Em que:

tbn = temperatura de bulbo úmido natural;

tg = temperatura de globo;

tbs = temperatura de bulbo seco.

Ressalta-se que um ambiente pode ser desconfortável termicamente caracterizado pelo PMV e pelo PPD sem ser insalubre, ou seja, sem apresentar risco de sobrecarga térmica (SPILLERI e FURTADO, 2007), como o caso avaliado por Barbiero (2004) em uma metalúrgica. Diferente desse caso, Spilleri e Furtado (2007) avaliaram outra metalúrgica que foi considerada insalubre afetando o nível de qualidade dos trabalhadores. E como já foi citado, além dos riscos de saúde, estudos como o de Soares (2014) confirmaram a relação inversamente proporcional entre a produtividade e o estresse térmico em um serviço de fundição. Por mais que não seja comum outras pesquisas que mostrem casos de estresse térmico em salas de aula, é importante verificar essa situação, uma vez confirmados os vários prejuízos que ela pode gerar.

3.3 CONFORTO TÉRMICO E PRODUTIVIDADE

Existe uma relação direta entre o conforto térmico e a produtividade e alguns

estudos, tanto nacionais quanto internacionais provaram essa relação, a exemplo de Fisk e Rosenfeld (1997), que realizaram nos Estados Unidos uma estimativa do ganho de produtividade anual alcançado por meio das melhorias nas condições dos ambientes internos. Eles mostraram que essas melhorias implicaram na redução dos efeitos negativos na saúde ou melhoraram diretamente o desempenho do trabalhador. Os ganhos foram muito grandes e mostraram que os potenciais de benefícios financeiros, ao melhorarem os ambientes internos, excediam os custos em um fator de 18 a 47 vezes.

No Brasil, uma pesquisa desenvolvida em sala de aula universitária no Instituto Superior Tupy – IST, da Sociedade Educacional de Santa Catarina – SOCIESC, na cidade de Joinville relacionou o rendimento da atenção e da memória dos alunos ao conforto térmico. Para isso foi utilizada uma sala com ar condicionado, onde era possível controlar a temperatura ambiente. Assim, submetiam os estudantes a diferentes condições de temperatura e aplicavam testes de memória e um questionário elaborado pelos autores. Esse questionário foi baseado no fato de que as sensações percebidas pelos seres humanos permitem avaliar o conforto térmico e as opções envolviam a escala de sete pontos de Fanger, obtendo assim, o PMV e o PPD subjetivos (BATIZ *et al.*, 2009).

Nessa pesquisa, verificou-se a relação direta entre a atenção e a memória e os valores de PMV. Além disso, constatou-se a coincidência de mais de 90% entre os resultados do PMV e do PPD calculados pelas expressões de Fanger e as respostas dos alunos no questionário e pôde-se afirmar que todos os alunos que estavam em condição de conforto apresentaram resultados positivos (BATIZ *et al.*, 2009).

Outra pesquisa brasileira que confirmou a hipótese de que as condições termoambientais estão entre os fatores que afetam o bem estar dos trabalhadores, com implicações na produtividade foi feita em 2001. Essa pesquisa analisou a relação entre produtividade dos digitadores (toque/hora) e o conforto térmico em dois ambientes termicamente diferentes do Setor de Compensação e Cobrança do Centro de Processamento de Dados da Caixa Econômica Federal da cidade de Recife,

sendo um ambiente termicamente confortável e outro termicamente desconfortável (SILVA, 2001).

Castro, Oliveira e Costa (2012) ainda enfatizaram que o conforto térmico em instituições de ensino tem sido desprezado pelo poder público e que isso afeta o aprendizado dos alunos. Logo, destacaram que os órgãos públicos tem a responsabilidade de minimizar o desconforto através de um replanejamento na estrutura física das escolas, pois os gastos que podem ocorrer nessa benfeitoria impactarão positivamente na saúde e no bem-estar da comunidade, inclusive por meio da melhoria no aprendizado.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE ESTUDO

A Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão está localizada no Setor Universitário na cidade de Catalão, que fica no sudeste goiano, numa região tropical do país e caracterizada por temperaturas elevadas na maior parte do ano. As aulas acontecem, geralmente, em dois blocos didáticos da universidade, eles possuem a mesma arquitetura e são divididos em três pavimentos com 10 salas em cada.

O ambiente escolhido para medição, a princípio, foi a sala 305 do Bloco Didático 2 (BD2), onde foram realizadas três medições no inverno para efeitos experimentais do equipamento e do método. Essa sala fica sombreada pelo Bloco Didático 1 (BD1) durante todo o dia e não recebe insolação direta. Logo, após adaptar-se ao equipamento e estabelecer a rotina de medições por meio da experiência na sala 305 do BD2, escolheu-se a sala 301 do BD1 para a realização das medidas pelo período de aproximadamente um ano. Porquanto, segundo relato dos estudantes e professores é uma das salas que melhor representa o desconforto térmico por receber insolação direta no período da tarde na laje e nas paredes externas.

A sala 301 do BD1 é uma sala de canto no terceiro (último) piso, e recebe insolação em duas de suas paredes, as externas, e na laje. Ela é mais desfavorável que as salas do primeiro e segundo piso por receber insolação diretamente na laje, e mais que as outras salas do mesmo piso por ser uma

sala de canto e receber o sol da tarde diretamente em uma parede a mais que das outras.

4.2 INSTRUMENTAÇÃO

Para a realização do estudo foram medidos os parâmetros: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, temperatura de globo e IBUTG, com o intuito de obter os índices PMV, PPD e IBUTG para as análises de conforto e estresse térmico. O equipamento utilizado foi o medidor de Estresse térmico, modelo TGD-200 da Instrutherm de precisão: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e resolução de $0,1^{\circ}\text{C}$. Esse equipamento faz a medição da temperatura de bulbo seco através da haste para temperatura ambiente, da temperatura de bulbo úmido através da haste com copo de 100 ml e cordão de pano, da temperatura de globo através da esfera térmica com haste central e efetua o cálculo do IBUTG.

Foi padronizada a forma de utilização do equipamento e medição. O mesmo foi instalado próximo ao quadro, a uma distância de aproximadamente 1,50 metros e o globo foi colocado a uma altura média de 1,20 metros, representando uma das situações críticas que pode acontecer na região mais próxima do professor. As medições sempre foram realizadas com todas as janelas abertas e a porta fechada o que representa a realidade da maior parte do tempo das aulas.

Foi utilizado também o termo-higro-anemômetro luxímetro digital modelo THAL-300 da Instrutherm para verificar a existência de movimentação de ar. Na Figura 2 é ilustrado o posicionamento desses equipamentos na sala 301 do BD1.

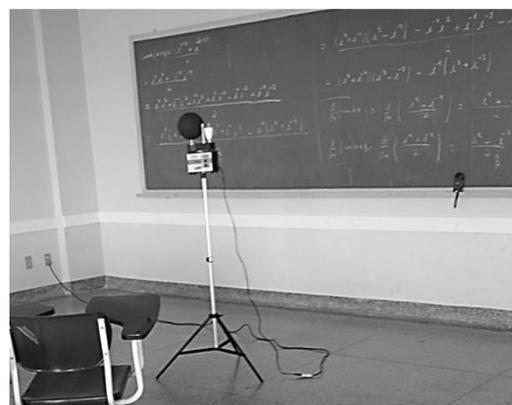


FIGURA 2: Posicionamento do medidor de estresse térmico em frente ao quadro e do termo-higro-anemômetro.

4.3 PROCEDIMENTOS E ANÁLISES

O primeiro passo adotado foi realizar medições na sala 301 (BD1) desocupada nas quatro estações do ano. Para cada uma das estações, começando pela primavera, foram feitas medições em três dias, das 8:00 às 18:00, posterior a isso identificou-se qual o horário mais crítico nesse período.

Devido diversas dificuldades de realizar as medições na sala 301 cheia de alunos, todas as medições foram feitas na sala desocupada. Para o cálculo dos índices PMV e PPD foi realizada uma estimativa das variáveis pessoais, considerando a realidade encontrada na maioria dos dias na universidade, por exemplo, roupas de verão típicas em uma instituição de ensino, como camiseta e calça normal.

As medições das 8:00 às 18:00 foram feitas nos dias 15, 16 e 23 de novembro de 2013 para a primavera; 18 de janeiro, 13 e 27 de fevereiro de 2014 para o verão; 3, 17 e 31 de maio de 2014 para o outono e 6, 7 e 8 de agosto de 2014 para o inverno.

O cálculo do PMV e do PPD foi feito pelo software *Ladesys v1.0* (LADE, 2004). No programa, entra-se com os valores das variáveis ambientais, sendo que a temperatura do ar é a temperatura de bulbo seco medida pelo medidor de estresse térmico e a temperatura radiante média é obtida pela temperatura de globo e tipo de ventilação, que nesse caso é natural.

Vale ressaltar que não foi detectada nenhuma velocidade do ar usando o termo-higro-anemômetro, cuja velocidade mínima indicada é de 0,4 m/s. Logo, essa velocidade foi calculada com base na prescrição da ISO 7730/2005 que estima que a velocidade relativa do ar causada pelo movimento do corpo é igual a zero para uma taxa metabólica (M) menor que 1 e é igual a $v_{ar} = 0,3 \cdot (M - 1)$ para $M > 1$ e preenchida no campo indicado.

A umidade relativa, por sua vez, foi obtida pelo programa Grapsi 5.1 (MELO e LOPES, 2003) que calcula as propriedades psicrométricas do ar

mediante o conhecimento de duas variáveis. Logo, a umidade foi determinada a partir das temperaturas de bulbo úmido e bulbo seco medidas pelo medidor de estresse térmico. Considerando ainda, que a UFG está a uma altitude aproximada de 907 m (obtida por meio do *Google Earth*) e a pressão atmosférica é de 91,3 kPa.

Dentro das variáveis pessoais existe a opção de escolher as vestimentas e as atividades, de tal forma que o software *Ladesys vr. 1.0* calcula automaticamente essas variáveis. Em relação às atividades, ressalta-se que elas foram consideradas através do gasto energético que ocasionam, estabelecido pela taxa de equivalente metabólico, cuja unidade é “met” (1 met = 1 unidade metabólica = 58,2 W/m² (ISO, 2005)). Assim, foi selecionada a opção “atividade sedentária (escritório, residência, escola, laboratório)” para os alunos e “atividade leve em pé” para o professor, considerando um tempo de atividade de 120 minutos obtendo uma taxa metabólica de 1,20 met para o aluno e 1,60 met para o professor.

Conhecendo-se o valor da taxa de metabolismo, é possível calcular a velocidade do ar, como supracitada, por meio da Equação: $v_{ar} = 0,3 \cdot (M - 1)$ para $M > 1$. Tal que utilizou-se no software as velocidades: 0,06 m/s e 0,18 m/s para o aluno e o professor, respectivamente.

Em relação as vestimentas, no *Ladesys* foram selecionadas as opções calcinha e sutiã ou cueca; camisa de manga curta, calça normal, meia curta e grossa e sapato de sola grossa o que resulta numa variável de 0,52 clo (1 clo = 1 unidade de vestimenta = 0,155 m² · K/W (ISO, 2005)).

Obteve-se ainda o valor da temperatura efetiva através do ábaco representado na Figura 2, tendo como dado de entrada a temperatura de bulbo seco e a temperatura de bulbo úmido. Realizou-se, então, a análise final do ambiente identificando o nível de conforto e estresse térmico por meio das quatro variáveis: PMV, PPD, IBUTG e temperatura efetiva.

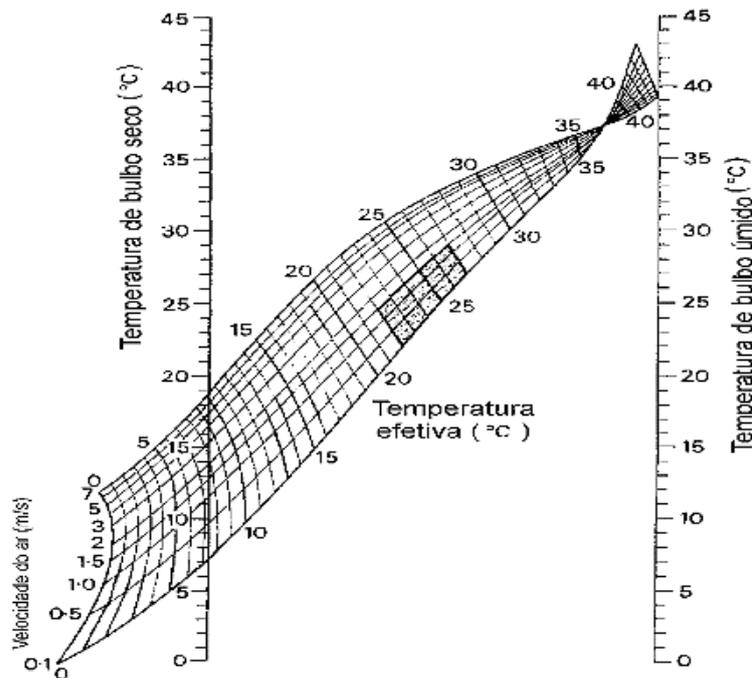


FIGURA 3: Ábaco de temperatura efetiva normal (para pessoas normalmente vestidas).

FONTE: Ruas (2001).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos nas medições das quatro estações para a sala 301 são apresentados na Tabela 2. Como é possível observar na Tabela 2, todas as medições da primavera e as duas primeiras medições do verão foram realizadas no horário de verão (UTC – 2), enquanto a última medição do verão, as do outono e inverno foram realizadas no horário normal (UTC - 3). UTC - *Universal Coordinated Time* é também conhecida como Hora Média de *Greenwich* ou Hora Mundial e é a referência de horário utilizado no mundo inteiro. Logo, em relação ao horário mundial, deve ser lembrado que as medições foram realizadas das 11:00 às 21:00 no horário normal e das 10:00 às 20:00 no horário de verão (CAMPOS, 2002; 24TIMESZONES, 2014). No decorrer das medições realizadas na sala 301 notou-se que a sala sofria insolação no fundo no período das 16:30 às 17:30 no horário de verão e no horário normal iniciava cerca de 15:30 até as 17:00. Os horários das temperaturas máximas registradas em 100% das medições apontaram pelo menos a temperatura de bulbo seco ou o IBUTG máximo na faixa das 17:00 às 18:00. O dia cujo comportamento foi mais

diferente foi o dia 13 de fevereiro em que o céu estava nublado, não havendo insolação na sala.

Deve ser ressaltado, que no início da pesquisa quando foram feitas as medições na sala 305, BD2, as temperaturas máximas no inverno ocorreram em torno das 14 e 15 h, diferente da sala 301 do BD1. Logo, percebeu-se que devido a insolação que a sala 305 recebe e a sua capacidade de conservar o calor ela demorava mais para sofrer a queda de temperatura em relação ao espaço externo e por isso, a maioria dos dias teve seu horário de temperatura máxima em torno das 17:00 18:00, inclusive no período que excede o horário de verão.

Salienta-se que as medições foram planejadas somente para o período das 8:00 às 18:00, esperando-se que as temperaturas máximas ocorressem no período vespertino dentro desse intervalo. Porém, ao observar os resultados da Tabela 2 e ao aprofundar a revisão bibliográfica encontrou-se a afirmação de Ahrens (1993) que a hora exata da temperatura máxima varia. Segundo o autor, a parte mais quente do dia, geralmente, é à tarde, ocorrendo em torno das 15:00 às 17:00 em um dia de verão que permanece claro durante toda a tarde e uma a duas horas antes quando há

nebulosidade. Além disso, o mesmo autor enfatiza que no inverno as temperaturas mais altas podem ocorrer no período da noite devido à movimentação das massas de ar quente para a região sul. Portanto, os resultados mostraram que não se pode garantir que as máximas temperaturas na sala foram registradas, já que as medições foram encerradas antes que fosse verificado o seu pico.

Nas Tabelas 3 e 4 estão apresentadas as médias das temperaturas obtidas nos dias de medição e os seus índices médios, seguidos da respectiva análise estatística da média total, desvio padrão e coeficiente de variação. Como se pode perceber nessas Tabelas, a temperatura média nas quatro estações é de 25,6 °C. Ressalta-se que o PMV e o PPD médio indicaram um ponto na escala confortável, todavia o desvio padrão e o coeficiente de variação são bastante altos, chegando a ultrapassar 100%. Enquanto pela avaliação da NR 17, o ambiente é não recomendado por ultrapassar a temperatura efetiva de 23 °C.

Ao observar os dados diários, constata-se ainda que o desconforto para o professor que possui uma taxa metabólica maior é mais acentuado que para o aluno, possuindo a sensação de leve calor em sete dos doze dias medidos enquanto o aluno teve essa mesma sensação em cinco dos mesmos. Destaca-se que as estações do inverno e do outono se mostraram confortáveis para ambos nos três dias de medição, excetuando-se o dia 17 de maio que foi levemente calor para o professor, mas em uma escala ainda bastante próxima do confortável. Já na primavera e no verão, o professor teve desconforto leve por calor todos os dias, enquanto o aluno só não teve na primeira medição do verão. Ressalta-se que no verão, nas duas primeiras medições foram registrados períodos chuvosos.

Segundo o critério de temperatura efetiva da NR 17, todos os dias da primavera e do verão são não recomendados, enquanto todos do

outono e inverno são. Contudo, analisando a recomendação em relação à umidade mínima, no inverno, a última medição foi caracterizada pelo registro de uma umidade inferior a 40%, sendo não recomendada.

Nas Tabelas 5 e 6 estão apresentadas as temperaturas máximas registradas seguidas dos índices abordados. Em relação às temperaturas máximas registradas, como pode ser observado nessas duas tabelas, o desconforto se mostrou bem maior. Houve situações de um ponto a mais na escala de Fanger, que seria o “calor” e mesmo no inverno foram encontradas condições de leve calor. No registro das temperaturas máximas, o professor só permaneceu em conforto em três dias, enquanto o aluno em quatro dos doze registrados. Em relação ao critério de temperatura efetiva da NR 17, mesmo no outono e no inverno houve dois dias registrados com temperaturas não recomendadas.

No geral, a média das médias e a média das temperaturas máximas para cada uma das quatro estações são apresentadas nas Tabelas 7 a 10.

Deve ser lembrado, que essas medidas e índices foram determinados em sala desocupada, e o cálculo foi feito sem considerar aumento de temperatura. Logicamente, em salas cheias de alunos esse desconforto é muito maior que o apresentado, uma vez que com o calor gerado por cada pessoa, a temperatura da sala aumenta significativamente implicando um desconforto térmico mais acentuado.

Em relação ao IBUTG, o seu valor máximo permitido fornecido na NHO 06 para o aluno com uma taxa metabólica de 1,20 met (70 W/m² ou 108 kcal/h) e para o professor de 1,6 met (144 kcal/h) é 32,6 e 31,5° C, respectivamente. Como o IBUTG não ultrapassou esse valor em nenhum dia, não foi encontrada situação de estresse térmico na sala 301, BD1.

TABELA 2: Medições realizadas com o medidor de estresse térmico no período de um ano.

PRIMAVERA		TBS	TBU	TGI	IBUTG
15/11/2013 (UTC - 2)	Média	26,2	20,8	26,3	22,8
	Máximo	28,6	22,9	28,5	24,9
	Hora do máx.	17:00	18:00	18:00	18:00
	Desvio padrão	2,0	1,0	1,7	1,2
	Coef. Variação	7,7	4,7	6,4	5,2
16/11/2013 (UTC - 2)	Média	27,4	20,9	27,3	23,2
	Máximo	29,6	21,6	29,3	24,3
	Hora do máx.	17:00	17:00	17:00	17:00
	Desvio padrão	1,6	0,5	1,3	0,8
	Coef. Variação	5,9	2,5	4,9	3,3
23/11/2013 (UTC - 2)	Média	26,9	22,6	27,1	24,2
	Máximo	27,9	23,4	28,2	25,2
	Hora do máx.	14:00; 17:00	17:00	17:00	17:00
	Desvio padrão	0,9	0,4	0,9	0,5
	Coef. Variação	3,5	1,7	3,2	2,1
VERÃO		TBS	TBU	TGI	IBUTG
18/01/2014 (UTC - 2)	Média	25,5	22,1	25,9	23,6
	Máximo	27,1	22,5	27,2	23,9
	Hora do máx.	18:00	13:00	18:00	18:00
	Desvio padrão	0,7	0,2	0,6	0,2
	Coef. Variação	2,9	0,8	2,2	0,9
13/02/2014 (UTC - 2)	Média	27,2	23,0	27,5	24,7
	Máximo	28,7	23,6	28,8	25,5
	Hora do máx.	15:00-17:00	15:00	15:00	15:00
	Desvio padrão	1,4	0,4	1,0	0,6
	Coef. Variação	5,1	1,8	3,7	2,4
27/02/2014 (UTC - 3)	Média	28,2	22,0	28,0	24,2
	Máximo	30,3	22,7	30,1	25,3
	Hora do máx.	17:00-18:00	18:00	18:00	18:00
	Desvio padrão	1,6	0,4	1,5	0,6
	Coef. Variação	5,7	1,7	5,2	2,6
OUTONO		TBS	TBU	TGI	IBUTG
03/05/2014 (UTC - 3)	Média	23,9	17,8	23,9	19,9
	Máximo	25,4	18,9	25,2	21
	Hora do máx.	16:00	18:00	16:00-17:00	17:00-18:00
	Desvio padrão	1,4	0,6	1,2	0,7
	Coef. Variação	5,8	3,6	5,0	3,6
17/05/2014 (UTC - 3)	Média	25,7	19,8	25,7	21,8
	Máximo	27,52	21,12	27,32	23,34
	Hora do máx.	18:00	18:00	18:00	18:00
	Desvio padrão	1,3	0,7	1,1	0,8
	Coef. Variação	5,1	3,7	4,3	3,5
31/05/2014 (UTC - 3)	Média	23,6	19,3	23,4	20,9
	Máximo	24,9	20,13	24,79	21,74
	Hora do máx.	18:00	18:00	18:00	18:00
	Desvio padrão	0,9	0,4	0,9	0,4
	Coef. Variação	3,8	1,9	3,7	2,0
INVERNO		TBS	TBU	TGI	IBUTG
06/08/2014 (UTC - 3)	Média	25,0	19,1	25,0	21,1
	Máximo	26,3	19,6	26,5	21,8
	Hora do máx.	17:00	18:00	17:00- 18:00	18:00
	Desvio padrão	1,1	0,3	1,2	0,4
	Coef. Variação	4,3	1,5	4,7	2,0
07/08/2014 (UTC - 3)	Média	23,5	17,7	23,7	19,9
	Máximo	25,2	18,5	25,5	21
	Hora do máx.	18:00	18:00	18:00	18:00
	Desvio padrão	1,4	0,4	1,4	0,7
	Coef. Variação	5,9	2,5	5,8	3,6
08/08/2014 (UTC - 3)	Média	24,1	16,1	24,1	18,8
	Máximo	25,9	17,1	26,1	20,1
	Hora do máx.	17:00	18:00	18:00	18:00
	Desvio padrão	1,6	0,6	1,6	0,7
	Coef. Variação	6,7	3,6	6,7	3,9

TABELA 3: Índices PMV e PPD para as temperaturas médias registradas.

Data	Médias				ISO 7730 - Aluno			ISO 7730 - Professor		
	TBS	TBU	Um.	TGI	PMV	PPD	Análise	PMV	PPD	Análise*
15/11/13	26,2	20,8	62,9	26,3	0,5	11,2	Leve calor	0,8	17,0	Leve calor
16/11/13	27,4	20,9	57,3	27,3	0,8	20,0	Leve calor	1,0	27,1	Leve calor
23/11/13	26,9	22,6	70,2	27,1	0,9	21,3	Leve calor	1,0	27,3	Leve calor
18/1/14	25,5	22,1	75,4	25,9	0,5	10,1	Confortável	0,7	15,0	Leve calor
13/2/14	27,2	23,0	71,0	27,5	1,0	24,4	Leve calor	1,1	30,5	Leve calor
27/2/14	28,2	22,0	59,6	28,0	1,1	29,9	Leve calor	1,2	37,2	Leve calor
3/5/14	23,9	17,8	56,6	23,9	-0,2	5,7	Confortável	0,1	5,3	Confortável
17/5/14	25,7	19,8	59,4	25,7	0,4	7,9	Confortável	0,6	12,7	Leve calor
31/5/14	23,6	19,3	68,2	23,4	-0,3	6,4	Confortável	0,1	5,1	Confortável
6/8/14	25,0	19,1	58,8	25,0	0,1	5,3	Confortável	0,4	8,2	Confortável
7/8/14	23,5	17,7	58,2	23,7	-0,3	6,6	Confortável	0,0	5,0	Confortável
8/8/14	24,1	16,1	45,3	24,1	-0,2	6,2	Confortável	0,1	5,2	Confortável
Média	25,6	20,1	61,9	25,7	0,4	12,9	Confortável	0,6	16,3	Confortável
Desv. (σ)	1,6	2,2	8,2	1,6	0,5	8,6	-	0,4	11,5	-
C.V. (%)	6,3	10,8	13,2	6,4	144,0	66,6	-	75,1	70,5	-

*Análise conforme ISO 7730 (2005) (Tabela 1).

TABELA 4: Índice IBUTG, e análise pela NR -15 e pela NR – 17.

Data	Médias		NR-15	NR-17		Um. Mín.	NR-17
	TBS	TBU	IBUTG	T. Efetiva	Análise		Avaliação*
15/11/13	26,2	20,8	22,8	23,7	Não recomendado	56,0	Recomendado
16/11/13	27,4	20,9	23,2	24,1	Não recomendado	48,7	Recomendado
23/11/13	26,9	22,6	24,2	24,9	Não recomendado	64,1	Recomendado
18/1/14	25,5	22,1	23,6	24,0	Não recomendado	66,0	Recomendado
13/2/14	27,2	23,0	24,7	26,0	Não recomendado	64,6	Recomendado
27/2/14	28,2	22,0	24,2	25,1	Não recomendado	51,0	Recomendado
3/5/14	23,9	17,8	19,9	21,2	Recomendado	49,3	Recomendado
17/5/14	25,7	19,8	21,8	23,0	Recomendado	53,9	Recomendado
31/5/14	23,6	19,3	20,9	21,9	Recomendado	61,8	Recomendado
6/8/14	25,0	19,1	21,1	22,3	Recomendado	51,6	Recomendado
7/8/14	23,5	17,7	19,9	21,1	Recomendado	51,7	Recomendado
8/8/14	24,1	16,1	18,8	21,1	Recomendado	35,8	Não recomendado
Média	25,6	20,1	22,1	23,2	Não recomendado	54,5	Recomendado
Desv. (σ)	1,6	2,2	2,0	1,7	-	8,6	-
C.V. (%)	6,3	10,8	8,9	7,3	-	15,8	-

*Análise conforme NR 17 (BRASIL, 1978).

TABELA 5: Índices PMV e PPD para as temperaturas máximas registradas.

Data	Máximas				ISO 7730 - Aluno			ISO 7730 - Professor		
	TBS	TBU	Um.	TGI	PMV	PPD	Análise	PMV	PPD	Análise*
15/11/13	28,6	22,9	62,8	28,5	1,3	39,0	Leve calor	1,4	45,1	Leve calor
16/11/13	29,6	21,6	50,9	29,3	1,5	48,0	Leve calor	1,6	53,8	Calor
23/11/13	27,9	23,4	69,6	28,2	1,2	35,9	Leve calor	1,3	40,8	Leve calor
18/1/14	27,1	22,5	68,5	27,2	0,9	20,7	Leve calor	1,0	27,4	Leve calor
13/2/14	28,7	23,6	66,4	28,8	1,4	44,7	Leve calor	1,5	49,5	Leve calor
27/2/14	30,3	22,7	53,6	30,1	1,7	61,6	Calor	1,8	65,3	Calor
3/5/14	25,4	18,9	55,5	25,2	0,2	5,8	Confortável	0,5	9,6	Confortável
17/5/14	27,5	21,1	57,9	27,3	0,9	20,8	Leve calor	1,1	28,1	Leve calor
31/5/14	24,9	20,1	65,8	24,8	0,2	5,5	Confortável	0,4	8,8	Confortável
6/8/14	26,3	19,6	55,1	26,5	0,5	11,1	Leve calor	0,8	16,8	Leve calor
7/8/14	25,2	18,5	54,1	25,5	0,2	5,9	Confortável	0,5	9,4	Confortável
8/8/14	25,9	17,1	42,9	26,1	0,4	7,7	Confortável	0,6	11,6	Leve calor
Média	27,3	21,0	58,6	27,3	0,9	25,6	Leve calor	1,0	30,5	Leve calor
Desv. (σ)	1,8	2,1	8,1	1,7	0,5	19,6	-	0,5	19,9	-
C.V. (%)	6,5	10,2	13,8	6,3	64,5	76,5	-	47,0	65,1	-

*Análise conforme ISO 7730 (2005) (Tabela 1).

TABELA 6: Índice IBUTG, e análise pela NR -15 e pela NR – 17.

Data	Temperaturas Máximas				
	Máximas		NR-15	T. Efetiva	NR-17
	TBS	TBU	IBUTG		Análise*
15/11/13	28,6	22,9	24,9	25,5	Não recomendado
16/11/13	29,6	21,6	24,3	25,3	Não recomendado
23/11/13	27,9	23,4	25,2	25,5	Não recomendado
18/1/14	27,1	22,5	23,9	24,9	Não recomendado
13/2/14	28,7	23,6	25,5	26,0	Não recomendado
27/2/14	30,3	22,7	25,3	27,1	Não recomendado
3/5/14	25,4	18,9	21,0	22,5	Recomendado
17/5/14	27,5	21,1	23,3	24,2	Não recomendado
31/5/14	24,9	20,1	21,7	22,8	Recomendado
6/8/14	26,3	19,6	21,8	23,2	Não recomendado
7/8/14	25,2	18,5	21,0	22,3	Recomendado
8/8/14	25,9	17,1	20,1	22,1	Recomendado
Média	27,3	21,0	23,2	24,3	Não recomendado
Desv. (σ)	1,8	2,1	1,9	1,7	-
C.V. (%)	6,5	10,2	8,4	6,9	-

*Análise conforme NR 17 (BRASIL, 1978).

TABELA 7: Índices PMV e PPD para a média das temperaturas médias registradas em cada estação.

	Média das médias									
	Médias				ISO 7730 - Aluno			ISO 7730 - Professor		
	TBS	TBU	Um.	TGI	PMV	PPD	Análise	PMV	PPD	Análise*
Primavera	26,8	21,4	63,5	26,9	0,8	17,5	Leve calor	0,9	23,8	Leve calor
Verão	27,0	22,4	68,7	27,2	0,8	21,5	Leve calor	1,0	27,6	Leve calor
Outono	24,4	19,0	61,4	24,3	0,0	6,7	Confortável	0,3	7,7	Confortável
Inverno	24,2	17,6	54,1	24,3	-0,1	6,0	Confortável	0,2	6,1	Confortável
Média	25,6	20,1	61,9	25,7	0,4	12,9	Confortável	0,6	16,3	Leve calor
Desv. (σ)	1,5	2,2	6,0	1,6	0,5	7,8	-	0,4	11,0	-
C.V. (%)	5,9	10,8	9,8	6,2	142,0	60,1	-	73,8	67,3	-

*Análise conforme ISO 7730 (2005) (Tabela 1).

TABELA 8: Índice IBUTG e análise pela NR -15 e pela NR -17 da média das temperaturas médias registradas em cada estação.

	Média das médias				
	Médias		NR-15	T. Efetiva	NR-17
	TBS	TBU	IBUTG		Análise*
Primavera	26,8	21,4	23,4	24,2	Não recomendado
Verão	27,0	22,4	24,2	25,0	Não recomendado
Outono	24,4	19,0	20,9	22,0	Recomendado
Inverno	24,2	17,6	19,9	21,5	Recomendado
Média Anual	25,6	20,1	22,1	23,2	Não recomendado
Desv. (σ)	1,5	2,2	2,0	1,7	-
C.V. (%)	5,9	10,8	9,1	7,3	-

*Análise conforme NR 17 (BRASIL, 1978).

TABELA 9: Índices PMV e PPD para a média das temperaturas máximas registradas em cada estação.

	Média das Máximas									
	Máximas				ISO 7730 - Aluno			ISO 7730 - Professor		
	TBS	TBU	Um.	TGI	PMV	PPD	Análise	PMV	PPD	Análise*
Primavera	28,7	22,6	61,1	28,7	1,3	41,0	Leve calor	1,4	46,6	Leve calor
Verão	28,7	22,9	62,8	28,7	1,3	42,3	Leve calor	1,4	47,4	Leve calor
Outono	25,9	20,1	59,7	25,8	0,4	10,7	Confortável	0,6	15,5	Leve calor
Inverno	25,8	18,4	50,7	26,0	0,4	8,2	Confortável	0,6	12,6	Leve calor
Média	27,3	21,0	58,6	27,3	0,9	25,6	Leve calor	1,0	30,5	Leve calor
Desv. (σ)	1,6	2,2	5,4	1,6	0,5	18,6	-	0,5	19,1	-
C.V. (%)	6,0	10,3	9,2	5,9	62,6	72,8	-	45,5	62,4	-

*Análise conforme ISO 7730 (2005) (Tabela 1).

TABELA 30: Índice IBUTG e análise pela NR -15 e pela NR -17 da média das temperaturas máximas registradas em cada estação.

	Média das Máximas				
	Máximas		NR-15	NR-17	
	TBS	TBU	IBUTG	T. Efetiva	Análise*
Primavera	28,7	22,6	24,8	25,4	Não recomendado
Verão	28,7	22,9	24,9	26,0	Não recomendado
Outono	25,9	20,1	22,0	23,2	Não recomendado
Inverno	25,8	18,4	21,0	22,5	Recomendado
Média Anual	27,3	21,0	23,2	24,3	Não recomendado
Desv. (σ)	1,6	2,2	2,0	1,7	-
C.V. (%)	6,0	10,3	8,6	7,0	-

*Análise conforme NR 17 (BRASIL, 1978).

5.1 PROBLEMAS ENCONTRADOS E SOLUÇÕES PROPOSTAS

A partir da observação do local de realização da pesquisa e na busca por soluções pertinentes, identificou-se que o posicionamento dos brises metálicos retráteis nos blocos didáticos pode não estar contribuindo para o conforto térmico na sala 301 do BD1.

Sabe-se que o brise constitui uma forma eficiente de proteger a fachada de um edifício onde bate o sol muito forte que ofusca e esquenta muito. “Sua função básica é dupla: proteger o interior e/ou a fachada das edificações do sol excessivo, controlando, assim, a temperatura no interior da construção e também evitando o ofuscamento que a iluminação abundante pode causar.” (FORTE e FERRAZ, 2010).

No BD2 ocorre a incidência solar no período da manhã na fachada lateral direita (direção NE como apresentado na Figura 4) exatamente onde existe o brise, assim o desconforto no período da manhã é menor. Já no BD1 ocorre a incidência solar no período da tarde na fachada lateral esquerda, onde está a sala 301, enquanto o brise está no lado direito, sendo que sua ausência implica o aumento do desconforto térmico. Na figura 5 são apresentadas imagens que ilustram melhor essas características.

O que foi percebido é que os blocos que são iguais deveriam ter sido espelhados na construção enquanto foram copiados exatamente na mesma posição. Ressalta-se ainda, que no BD1, mesmo no período da manhã ocorre alta incidência solar e grande desconforto térmico na sala 310 que

fica na fachada frontal e não há brise. Em algumas aulas acompanhadas nessa sala, com cerca de 50 alunos, foi possível verificar grande desconforto dos mesmos que, inclusive, aglomeravam-se nos cantos e na parte frontal da sala para fugir dos locais de incidência dos raios solares.

Logo, uma provável solução para reduzir o desconforto térmico neles seria acrescentar brises ou películas escuras e apropriadas para os vidros nas salas da fachada frontal e na fachada lateral esquerda do BD1.



FIGURA 4: Imagem aérea do posicionamento dos blocos e direções.

FONTE: Google Earth (2015).

Considerando que na atualidade há uma preocupação cada vez maior com o meio ambiente, buscam-se cada vez mais alternativas que reduzam o consumo de equipamentos de ar condicionado em ambientes prediais sem gerar prejuízo ao conforto térmico. Uma solução pertinente para a redução do desconforto térmico e alternativa para o ar condicionado seria a implantação de climatizadores.

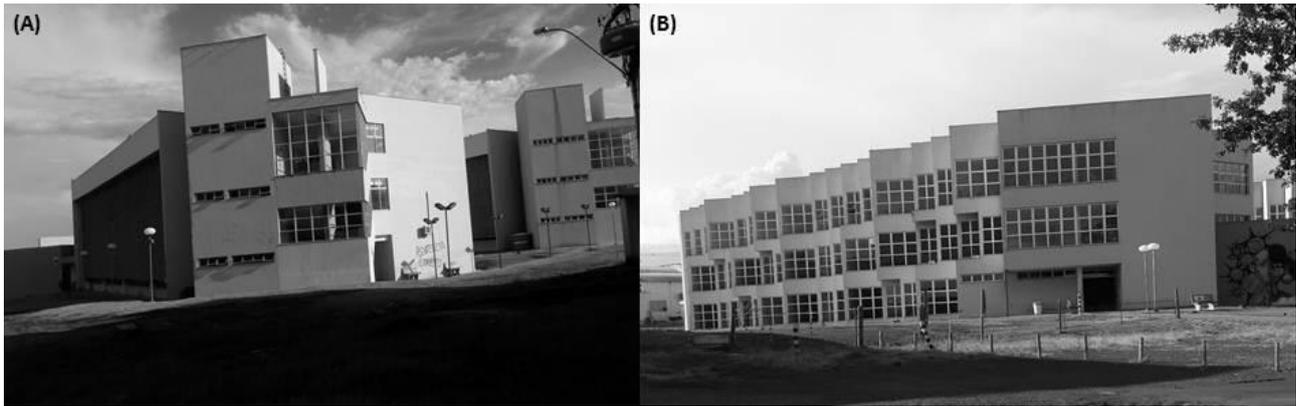


FIGURA 5: (A) Perspectiva posterior dos blocos didáticos mostrando os brises na fachada lateral direita
(B) Perspectiva frontal do BD1 mostrando a fachada lateral esquerda sem proteção solar.

Uma pesquisa realizada na UNICAMP analisou a viabilidade econômica e a aceitação popular da implantação de climatizadores por evaporação de água na substituição de aparelhos de ar condicionado convencionais no bloco da Faculdade de Engenharia Mecânica. Concluiu-se que o climatizador se apresentou vantajoso tanto na qualidade do ar quanto no custo. Pois, esse aparelho não deixa o ar tão seco quanto o ar condicionado convencional e possui um custo de operação até nove vezes menor (LOPES; GABARRA e LIMA, 2006).

Além disso, a pesquisa mostrou que apenas 28% dos entrevistados gostam do conforto gerado pelos aparelhos de ar condicionado, sendo que os principais questionamentos em relação ao mesmo são devido ao ar seco, recirculação de ar, alto consumo de energia elétrica e o uso de gases prejudiciais à camada de ozônio. Portanto, a aceitação do público à troca de ar condicionado por climatizadores foi satisfatória e ficou provada a eficiência e as vantagens do climatizador, incluindo o menor impacto ambiental (LOPES; GABARRA e LIMA, 2006).

Considerando que se procura uma solução eficiente e sustentável para o problema de conforto térmico nos blocos didáticos da UFG, os climatizadores seriam os mais adequados visto que refrescam o ambiente mais que o ventilador e umidificam o ar, lembrando que no inverno ocorreram registros de umidades baixas e não recomendadas.

Além disso, percebe-se que a Regional Catalão é pouco arborizada. Ao lado do

BD1 existe uma área vazia passível de arborização que poderia contribuir para o conforto térmico nas salas de aula. Porquanto, a vegetação absorve com mais facilidade a radiação solar funcionando como um importante componente regulador da temperatura urbana tendendo a apresentar temperaturas mais amenas. Afinal, as espécies de médio e grande porte desempenham um papel essencial como a ventilação e o sombreamento (GOMES e AMORIM, 2003).

6. CONCLUSÃO

A sala 301 do BD1 que foi monitorada apresentou índices PMV, PPD e temperatura efetiva não satisfatórios devido ao calor nas quatro estações do ano. Quando analisou-se a média do dia ou da estação o desconforto foi menor, mas ao considerar as temperaturas máximas no dia em momentos específicos foi maior. Ressalta-se que o estresse térmico, porém, não foi atingido.

Outro ponto destacado na pesquisa foi que essas medições indicaram desconforto nas salas desocupadas pelos alunos. Logo, entende-se que quando a sala estiver aglomerada esse desconforto será muito mais acentuado.

Concluiu-se que o desconforto na sala 301 é mais assinalado pela insolação no período da tarde e que ocorreu a ausência de brises no lado esquerdo do BD1, onde está situada essa mesma sala. O desconforto também poderia ser amenizado com a arborização no espaço vazio ao lado do BD1, gerando sombreamento e ventilação. Além disso, outro elemento que poderia aumentar o conforto térmico seria o climatizador.

A proposta deste trabalho foi analisar as condições de conforto e estresse térmico nos blocos didáticos da UFG em Catalão e propor possíveis soluções que pudessem amenizar as situações desfavoráveis. Logo, a pesquisa realizada contribuiu ao tratar de condições térmicas em uma instituição de ensino mostrando como alguns locais onde estudantes e professores passam grande parte do dia podem ser desconfortáveis e afetar a produtividade dos seus ocupantes, também ao citar a importância de adotar estratégias preventivas e corretivas para amenizar o desconforto térmico e melhorar o desempenho dessas pessoas. Além disso, a região centro-oeste não conta com muitos trabalhos na área e é extremamente relevante que seja estudado por se tratar de uma região tropical caracterizada por temperaturas elevadas, dessa maneira o estudo também contribui podendo motivar mais pesquisas na área.

7. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica concedida ao primeiro autor por meio do programa institucional CNPq/PIBIC/UFG.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

24TIMESZONE. Horário Mundial – Hora Certa: Relógio mundial e mapa dos fusos horários mundiais. 2014. Disponível em: <http://24timezones.com/hora_certa.php> Acesso em: 16 ago. 2014.

AHRENS, A. D. **Essentials of Meteorology: an invitation to the atmosphere**. West Publishing Company, New York, 1993. Cap. 3, p 53-71. Tradução de Marcelo Belassiano, Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, ATLANTA **Thermal environmental conditions for human occupancy**, 2004.

BARBIERO, M. **Avaliação das percepções quanto ao ambiente térmico em uma indústria metalúrgica: um estudo de caso**. 2004. 140 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BATIZ, E. C. *et al.* Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. **Produção**, v. 19, n. 3, p. 477-488, 2009.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego – FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional 06 – Procedimento Técnico: Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor**, 2002

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº. 17– Ergonomia**, 1978.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº. 15 – Atividades e operações insalubres**, 1978.

BRODAY, E. E. **Análise comparativa entre os métodos de determinação da taxa metabólica visando o equilíbrio entre o homem e o ambiente**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

CAMPOS, S. **Entendendo a hora mundial UTC**. 2002. Disponível em: <<http://www.sarmento.eng.br/UTC.htm>> Acesso em: 10 ago. 2014

CASTRO, F. S.; OLIVEIRA, F. P.; COSTA, R. A. Conforto térmico como indicador de aprendizagem em escolas de Ituiutaba – MG. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 5, p. 121-132, 2012

CORGNATI, S. P.; FILIPPI, M.; VIAZZO, S. Perception of the thermal environment in high school and university classrooms: Subjective preferences and thermal comfort. **Building and Environment**, v. 42, 951–959, 2007.

FANGER, O. **Thermal Comfort – Analysis and Application in Environmental Engineering**. Copenhagen, 1970.

FIK W. J., ROSENFELD A. H. Estimates of improved productivity and health from better indoor environments. **Indoor Air**, v. 7, 158–172, 1997.

FORTE, R.; FERRAZ, R. M. **Em uma fachada de vidro, bate um sol forte que ofusca e esquentam muito. Como resolver?** Disponível em: <<http://casaeimoveis.uol.com.br/tire-suas-duvidas/arquitetura/em-uma-fachada-de-vidro-bate-um-sol-forte-que-ofusca-e-esquentam-muito-como-resolver.jhtm>> Acesso em: 28 jul. 2014.

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 10, p. 94 – 106, set. 2003

GOUVÊA, T. C. **Avaliação do conforto térmico: uma experiência na indústria da confecção**. 2004. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

HUANG, K. T., HUANG, W. P., LIN, T. P., HWANG, R. L. Implementation of green building specification credits for better thermal conditions in naturally ventilated school buildings. **Building and Environment**, v. 86, p. 141-150, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Relevo e clima**. 2014. Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/relevo-e-clima>> Acesso em: 10 ago. 2014.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **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**. Geneva, 2005.

JAMES, A. D.; CHRISTIAN, K. An assessment of thermal comfort in a warm and humid school building at Accra, Ghana. **Advances in Applied Science Research**, v. 3, p. 535-547, 2012.

LADE – Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Edificações. **Ladesys. Versão 1.0**. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2004.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto térmico e estresse térmico**. Florianópolis: laBEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações de Santa Catarina, 2002.

LOPES, A. O. R.; GABARRA, G. R. C.; LIMA, B. W. F. Ar condicionado versus climatizadores por evaporação. **Revista Ciências do Ambiente Online**, Campinas, v. 2, n. 2, ago. 2006.

MELO, E. C.; LOPES, D. C. **Grapsi. Versão 5.1**. CCA – Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Viçosa, 2003.

NOGUEIRA, M. A.; SCHERER, M. J. Avaliação do conforto térmico no shopping independência, Santa Maria, RS. **Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 69-79, 2012.

NICO, M. A.; LIUZZI, S.; STEFANIZZI, P. Evaluation of thermal comfort in university classrooms through objective approach and subjective preference analysis. **Applied Ergonomics**, v. 48, p. 111-120, 2015.

RUAS, A. C. **Avaliação de conforto térmico: Contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. 2001. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Saneamento) - Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas: Fundacentro, 2001.

SILVA, L. B. **Análise da relação entre Produtividade e conforto térmico: o caso dos digitadores do centro de processamento de dados da Caixa Econômica Federal de Pernambuco**. 2001. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SOARES, A. L. **Análise do efeito do estresse térmico por calor na produtividade de operadores em uma fundição**. 2014. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2014.

SPILLERI, J. I.; FURTADO, T. S. **Estresse ocupacional causado pelo calor**. 2007. (Monografia) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2007.

WYON, D. Enhancing productivity while reducing energy use in buildings. In **E-Vision 2000: Key Issues That Will Shape Our Energy Future: Analyses and Papers Prepared for the E-Vision 2000 Conference**. Washington: Rand, 2000. p. 233-257. Disponível em: <http://www.rand.org/pubs/conf_proceedings/CF170z1-1.html> Acesso em: 05 abr 2015