XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DE NEUTRALIDADE EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS, PÚBLICAS E DE SERVIÇO NAS ZONAS BIOCLIMÁTICAS 7 E 8 NO ESTADO DE MATO GROSSO

Luciana Tozzo (1); Alexandra Marsaro Cella (2); Karen Wrobel Straub Schneider (3); Marlon Leão (4)

(1) Engenheira Civil, lucianatozzo27@gmail.com, UNEMAT - Sinop, (66)99961-2276
(2) Engenheira Civil, alexandramcella@gmail.com, UNEMAT - Sinop, (66)99672-9214
(3) Me., Professora do Departamento de Engenharia Civil, karen.straub@unemat.br, UNEMAT – Sinop, (66) (66)3511-2100
(4) Dr.-Ing., Professor do Departamento de Engenharia Civil, leao@unemat.br, UNEMAT – Sinop, (66)3511-2137

RESUMO

Um importante fator responsável pelo conforto é a neutralidade térmica, definida como a temperatura em que uma pessoa está em provável conforto térmico no ambiente em que se encontra, não preferindo nem mais calor nem mais frio. O estado de Mato Grosso apresenta grandes variações climáticas, necessitando que sejam definidas as temperaturas de neutralidade para as suas zonas bioclimáticas. O objetivo da pesquisa foi determinar as temperaturas de neutralidade em edificações comerciais, públicas e de serviço climatizadas artificialmente, nos períodos chuvoso e seco. Evidenciou-se a necessidade de estudos específicos nestas edificações, visto que estas abrigam ocupantes por longos períodos e sabe-se que o desconforto térmico influencia diretamente nas atividades a serem executadas, deixando o ocupante desatento, aumentando as incidências de erros e dispersão. A metodologia do estudo baseia-se na realização de medições e aplicação de questionários aos ocupantes simultaneamente. Foram estudadas duas cidades, Cuiabá e Cáceres, representantes, respectivamente, das zonas bioclimáticas 7 e 8 do estado de Mato Grosso. Sendo assim, a temperatura de neutralidade média encontrada, por meio de regressões lineares, para as zonas bioclimáticas 7 e 8, considerando as medições realizadas nas estações chuvosa e seca, foi de 24,70 °C.
Palavras-chave: pesquisa de campo; conforto térmico; abordagem adaptativa; questionários; sensação térmica.

ABSTRACT

An important factor responsible for comfort is thermal neutrality, defined as the temperature at which a person is likely to be in thermal comfort in the environment in which they find themselves, preferring neither more heat nor colder. The state of Mato Grosso presents great climatic variations, necessitating the definition of neutral temperatures for its bioclimatic zones. The objective of the research was to determine the neutrality temperatures in commercial, public and service buildings artificially cooled in the rainy and dry periods. It was evidenced the need for specific studies in these buildings, once they shelter occupants for long periods and it is known that thermal discomfort directly influences the activities to be performed, leaving the occupant inattentive, increasing the incidences of errors and dispersion. The methodology of this study is based on the measurement and application of questionnaires to the occupants simultaneously. Two cities, Cuiabá e Caceres, representing, respectively, the bioclimatic zones 7 e 8 of the state of Mato Grosso were studied. Thus, the average neutrality temperature found by linear regressions for the bioclimatic zones 7 and 8, considering the measurements performed in the rainy and dry seasons, was 24,70 ° C.
Keywords: field research; thermal comfort; adaptive approach; questionnaires; thermal sensation.

1. INTRODUÇÃO

No decorrer de muitos anos, ao se projetar e construir edificações, apenas as tendências estéticas e exigências técnicas eram consideradas, não tendo como preocupação o conforto ambiental a ser proporcionado ao ocupante no ambiente interno. Como consequência desse fato, inúmeras edificações existentes apresentam os mais variados problemas em relação ao conforto térmico do usuário, comprometendo a sua saúde física e psicológica e provocando um aumento excessivo do consumo de energia elétrica para resfriar tais ambientes (GRZYBOWSKI, 2004). Apesar da busca em alcançar o bem-estar físico, fisiológico e psicológico do ser humano ter se iniciado há vários anos, somente nas últimas décadas têm se intensificado as pesquisas sobre quais são os efeitos do conforto térmico sobre as pessoas em espaços internos (BATIZ *et al*., 2009).

O alcance de um ambiente termicamente confortável para os ocupantes é um dos objetivos do estudo do conforto térmico, termo este definido pela ASHRAE 55 (2017) como "A condição de mente que expressa satisfação com o ambiente térmico e é avaliada de forma subjetiva". Este tipo de estudo propõe-se a analisar as condições necessárias à satisfação do ser humano, permitindo-o sentir-se confortável termicamente no ambiente em que se encontra, onde supõe-se que o seu rendimento físico e intelectual seja elevado em condições de conforto (ANDREASI, 2009). Visto que segundo Frota e Schiffer (2001), o desconforto térmico influencia diretamente nas atividades a serem executadas, deixando o ocupante desconfortável, desatento, aumentando as incidências de erros e dispersão durante a execução das atividades.

O estudo do conforto térmico se iniciou com pesquisas em câmaras climatizadas em que todas as variáveis eram controladas e apenas mais tarde surgiu uma nova linha adaptativa na qual as variáveis deixaram de ser controladas e as análises começaram a ser feitas em espaços reais. Essa nova linha de pesquisa possibilitou o conhecimento da influência das variáveis sobre o estado de conforto e contribuiu para a identificação de novas variáveis que afetam a adaptabilidade do ser humano.

De acordo com Lamberts *et al.* (2016), o conforto térmico depende de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos. Os fatores físicos referem-se às trocas de calor que o corpo realiza com o meio; os fatores fisiológicos relacionam-se com a resposta fisiológica do organismo devido à exposição à determinada condição térmica; os fatores psicológicos são aqueles que variam de acordo com a percepção de cada pessoa, dependendo das experiências ou costumes adquiridos ao longo do tempo.

Um dos principais trabalhos na área do conforto térmico foi desenvolvido por Fanger (1970). Este estabeleceu um método de avaliar termicamente o ambiente baseando-se em fatores como: taxa de metabolismo, isolamento térmico da vestimenta, umidade relativa, temperatura e velocidade relativa do ar e temperatura radiante média. A combinação desses fatores é o principal determinante da sensação de conforto ou desconforto térmico. Além disso, as equações de Voto Médio Predito e percentual de pessoas insatisfeitas, que hoje auxiliam nos cálculos de conforto, também são provenientes dessa pesquisa (LAMBERTS *et al.*, 2016).

Humphreys (1979), por sua vez, realizou pesquisas em campo e verificou que os resultados encontrados em câmaras climatizadas divergem dos encontrados em ambientes reais. Também concluiu que a aclimatação afetava a temperatura escolhida como temperatura neutra, pois os índices de conforto mudavam em relação à temperatura média do local em que cada pesquisa era realizada, visto que a população se adapta ao lugar que vive.

Fanger (1970) define que a neutralidade térmica ocorre quando uma pessoa está em conforto no ambiente térmico em que se encontra, não preferindo nem mais calor nem mais frio.

Kuchen e Fisch (2009) desenvolveram um modelo de pesquisa baseado em parâmetros objetivos e subjetivos para definir a temperatura de neutralidade e para estabelecer uma zona de conforto, considerando características locais, próprias do edifício e de seus usuários. A metodologia dessa pesquisa aplica uma fórmula para descobrir o percentual de pessoas insatisfeitas com as condições locais, com o intuito de futuramente reduzir o consumo de eletricidade, ao avaliar termicamente as edificações.

O voto de conforto ou voto de sensação térmica está relacionado com a opinião dos ocupantes em relação ao ambiente térmico em que estão inseridos, sendo obtido através de uma escala de sete pontos apresentada na ASHRAE 55 (2017). Nessa escala, a estimativa da sensação térmica do usuário é obtida através da escolha de um valor que varia de -3 à +3, em que 0 representa o conforto, os valores negativos (-3, -2 e -1) representam a sensação de frio e os valores positivos (+1, +2 e +3) caracterizam a sensação de calor (KUCHEN; FISCH, 2009).

Kuchen e Fisch (2009) afirmam que a partir do voto de preferência térmica pode-se determinar um índice de insatisfação térmica que complementa o voto de conforto. É obtido por meio de uma escala de 3 pontos, onde -1 representa que o usuário deseja que o ambiente esteja mais frio, 0 representa o conforto e +1 caracteriza o desejo do ocupante por um ambiente mais quente.

A ausência de um índice de referência de zonas de conforto e temperatura de neutralidade conhecidas contribui para edificações que apresentem um baixo desempenho no que diz respeito à condição térmica do ambiente, ou seja, acarretando em gastos, muitas vezes desnecessários, com climatização artificial para refrigeração, que segundo Andreasi (2009), é a estratégia atual mais utilizada para obtenção de ambientes mais confortáveis, contrariando fatores importantes relacionados com o consumo e a conservação de energia. Portanto, em edificações que tenham um bom desempenho térmico, o uso do sistema de climatização artificial é menor.

No Brasil, os estudos sobre desempenho de edificações estão relacionados com a normativa NBR 15575 (ABNT, 2013). Esta norma considera questões acerca do desempenho térmico e eficiência energética na edificação, apresentando padrões mínimos que interferem diretamente nas condições térmicas do local, como por exemplo padrões de transmitância térmica, capacidade térmica, aberturas para ventilação e desempenho de coberturas. Apesar da importância desses parâmetros para se projetar um ambiente termicamente confortável, eles nem sempre são suficientes para determinação de uma temperatura de neutralidade.

No ano de 2011, as edificações comerciais, residenciais e públicas representaram cerca de 46,7% do consumo total de energia elétrica no Brasil, sendo que o setor comercial representou 15,4% do total e o setor público, 8,0% do total. Os grandes responsáveis por tamanho consumo de energia elétrica nesses setores são a iluminação e o ar condicionado, sendo que este último chega a representar no setor comercial cerca de 47% do total do consumo de energia na média nacional. Já nas edificações públicas, esse valor é de cerca de 48% do total do consumo (LAMBERTS *et al*., 2014).

Apesar da diversidade climática do Brasil, país de ampla extensão territorial e que apresenta condições climáticas muito diferentes, o estudo sobre o conforto térmico em edificações é um ramo recente, não havendo normas específicas brasileiras para os diferentes tipos de edificações em cada uma das regiões do país, sendo necessário usufruir de alguns parâmetros estabelecidos em outros países, o que pode não ser tão preciso. Portanto, verifica-se a importância da determinação da temperatura de neutralidade para regiões específicas, justamente devido à condição de aclimatação do ser humano.

2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa, de um modo geral, foi determinar a temperatura de neutralidade dos usuários de edificações comerciais, públicas e de serviço nas zonas bioclimáticas 7 e 8, através de coleta de variáveis pessoais e ambientais.

3. MÉTODO

A presente pesquisa dividiu-se em duas etapas principais: pesquisas de campo, abrangendo medições ambientais e aplicação de questionários, e tratamento estatístico dos dados.

Este método corresponde ao modelo de Spot – Monitoring utilizado por Kuchen e Fisch (2009). O objetivo deste método é desenvolver uma pesquisa pontual sobre as condições térmicas em ambientes reais, em conjunto com a percepção térmica dos ocupantes nestes lugares. O método se resume na realização de medições e aplicação de questionários aos ocupantes simultaneamente.

3.1. Área de Estudo

O estado de Mato Grosso tem um território extenso e apresenta grandes variações climáticas, necessitando que sejam definidas as zonas de conforto térmico e a temperatura de neutralidade.

Segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), que classifica as zonas bioclimáticas brasileiras, o estado de Mato Grosso apresenta 5 zonas bioclimáticas das 8 zonas presentes no Brasil.

Portanto, como o estado apresenta uma grande variedade de zonas bioclimáticas, torna-se necessária a verificação da temperatura de neutralidade em cada zona bioclimática para determinar uma temperatura de neutralidade capaz de atender à condição de conforto para todo o Estado.

A pesquisa faz parte de um estudo maior, porém essa análise foi realizada em duas cidades, Cuiabá e Cáceres, representantes, respectivamente, das zonas bioclimáticas 7 e 8 do estado de Mato Grosso, apontadas na Figura 1.

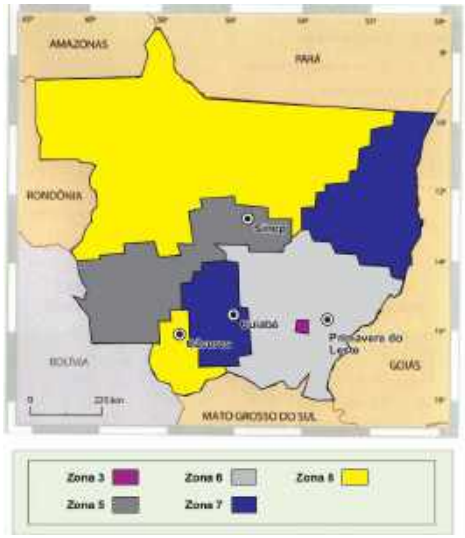

Figura 1 - Zoneamento bioclimático do estado de Mato Grosso, adaptado (SANCHES et al, 2011).

O estudo foi realizado em farmácias, lojas, bancos, supermercados e prédios públicos. Nas medições foram consideradas as duas estações bem definidas das cidades, sendo elas chuvosa e seca, e as suas variações térmicas. As Tabelas 1 e 2 trazem a caracterização das edificações avaliadas, sendo elas todas em alvenaria comum, algumas com divisórias internas. Nas edificações com dois pavimentos foram realizadas medições nos dois ambientes.

Tabela 1 – Caracterização das edificações avaliadas em Cuiabá -MT.

LOCAL	N° DE PAVIMENTOS	TIPO DE ABERTURAS		CORTINA DE AR	SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO
		Porta	Janelas		
Farmácia	1	De correr - Vidro	Não	Sim	3 unid. Ar condicionado Split
Loja varejista	1	De correr - Vidro	Não	Sim	16 unid. Ar condicionado Split
Supermercado	1	De correr - Vidro	Não	Sim	Ar central
Banco	2	Porta giratória - Vidro	Não	Não	Ar central
Órgão público	1	De correr - Vidro	Alta para iluminação	Não	3 unid. Ar condicionado Split

Tabela 2 – Caracterização das edificações avaliadas em Cáceres -MT.

LOCAL	N° DE PAVIMENTOS	TIPO DE ABERTURAS		CORTINA DE AR	SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO
		Porta	Janelas		
Farmácia	1	De correr - Vidro	Não	Sim	2 unid. Ar condicionado Split
Loja varejista	1	De correr - Vidro	Alta para iluminação	Sim	6 unid. Ar condicionado Split
Supermercado	1	De correr - Vidro	Alta para iluminação	Sim	Ar central
Banco	2	Porta giratória - Vidro	Alta para iluminação	Não	Ar central
Órgão público	1	De correr - Vidro	Não	Não	1 unid. Ar condicionado Split

Por apresentar temperaturas elevadas ao longo do ano, grande parte das edificações públicas, comerciais e de serviço do estado de Mato Grosso adotam a técnica de climatização artificial. Sendo assim, a medição aconteceu apenas em edificações com esse tipo de artifício e as quais apresentassem ambientes homogêneos e estacionários. Nessa pesquisa não foram medidos dados externos, como temperatura do ar e umidade relativa, limitando-se apenas ao interior da edificação.

Um ambiente homogêneo, segundo a ISO 7726 (ISO, 1998), é aquele onde em um determinado momento as variáveis ambientais (temperatura e velocidade do ar, radiação e umidade) apresentem uma variação menor que 5% no espaço ao redor do ocupante, podendo ser consideradas uniformes.

A ISO 7726 (ISO, 1998) classifica ainda o ambiente como estacionário ou não com relação ao usuário, sendo que o local é considerado estacionário quando os parâmetros físicos empregados para apresentar o nível de exposição ao calor para o ocupante sejam praticamente independentes do tempo.

As edificações estudadas foram definidas por meio de acordos de cooperação e permissão dos responsáveis. Tais acordos foram feitos garantindo absoluto sigilo quanto ao nome do estabelecimento e localização e quanto aos usuários que responderam os questionários.

3.2. Instrumento para medição

As variáveis climáticas ambientais - temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa e velocidade do ar - foram coletadas a partir de um conjunto de sensores conectados ao datalogger HD 32.1 Delta OHM. Para a presente pesquisa foram utilizados três sensores de medição: a sonda combinada, utilizada para medir a temperatura e umidade relativa do ar, o anemômetro de fio quente, utilizado para determinar a velocidade do ar e o termômetro de globo negro, empregado na determinação da temperatura média radiante. Estes sensores foram conectados ao datalogger, para que este armazenasse as leituras dos mesmos. A Figura mostra o Datalogger e as sondas utilizadas.



Figura 2 - Equipamento e sensores utilizados.

3.3. Consulta de opinião e coleta de dados

Para a coleta da opinião dos ocupantes foi utilizado um questionário baseado na metodologia proposta por Kuchen e Fisch (2009). Tal questionário constitui uma medição do tipo subjetiva e auxilia na caracterização dos usuários, suas sensações térmicas e características pessoais.

Para a identificação das pessoas pesquisadas foram feitas perguntas a respeito da idade, sexo e peso. Para verificar a adaptabilidade do usuário às condições climáticas do ambiente fez-se uma pergunta sobre a quantidade de horas de permanência no local. A sensação térmica foi obtida com base na escala sétima da ASHRAE 55 (2017) e a preferência térmica com base na escala de 3 pontos proposta por Kuchen e Fisch (2009).

Foram realizadas perguntas referentes ao consumo recente de determinado tipo de alimento para verificar as possíveis influências na percepção térmica do usuário. Se o ocupante que ingeriu alimentos ou líquidos demonstrou sensação de conforto muito divergente dos demais ocupantes, seu questionário foi desconsiderado.

Para avaliar as taxas metabólicas de cada pessoa foram feitas perguntas referentes à realização de atividades antes da medição. Já para estimar a resistência térmica questionou-se ao usuário sobre a sua vestimenta.

O aparelho foi montado no centro do ambiente avaliado a uma altura de 1,10 metro do chão, conforme a ISO 7726 (ISO, 1998), e permaneceu em aclimatação por um período de 30 minutos ou até que as variáveis se mantivessem estáveis, tendo em vista as distintas condições climáticas entre o interior e exterior dos ambientes. Após esse período, iniciou-se a coleta dos dados e a aplicação dos questionários.

A coleta dos dados pelo HD 32.1 teve duração de 5 minutos em cada medição, totalizando 254 medições, sendo que a cada 30 segundos efetuou-se o registro dos dados, estes foram integrados aos 5 minutos de medição para determinar os valores médios das variáveis ambientais.

A coleta ocorreu nos períodos matutino e vespertino durante as estações chuvosa e seca em cada uma das zonas bioclimáticas estudadas.

3.4 Análise dos resultados

Para o cálculo do PMV utilizou-se o roteiro que segue a pesquisa realizada por Fanger (1970), que se encontra normatizado na ISO 7730 (2005). A pesquisa utilizou também o método proposto por Lamberts *et al.* (2014) em sua pesquisa relacionada ao conforto e ao stress térmico, presente na ASHRAE 55, para o cálculo do PPD. Além disso, para determinar a temperatura operativa e a temperatura radiante média utilizou-se a ASHRAE (2017) e para determinar a taxa metabólica e do isolamento térmico das vestimentas, utilizou-se das tabelas presentes na ISO 7730 (ISO, 2005).

Pelos votos de sensação térmica dos ocupantes coletados no momento das medições foi calculada a média dos votos por cidade em cada estação, obtendo-se assim o voto médio de sensação térmica.

A temperatura de neutralidade foi determinada por meio de análises de regressão linear simples de mínimos quadrados, através das quais foi possível determinar uma equação para cada zona bioclimática e cada estação (chuva e seca).

Obteve-se a temperatura de neutralidade térmica inserindo nas equações de regressão o voto de sensação de conforto, ou seja, o voto de sensação térmica igual a "zero".

A significância das regressões se deu por meio de análises de variância e testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

4. RESULTADOS

Foram realizadas 254 medições, nas quais foram aplicados 2.400 questionários (120 questionários por edificação) nos dois períodos do ano nas cidades de Cáceres e Cuiabá. De tais medições, obtiveram-se 2.286 questionários válidos, sendo uma média de 1.143 questionários por cidade, este valor aproxima-se de outras pesquisas realizadas nessa área de estudo, como a de Fanger (1970), com 1.300 questionários, a de Xavier (1999), com 1.415, e a de Kuchen e Fisch (2009), com 1.100.

Dentre os 2.286 questionários válidos, 45,39% foram respondidos por homens e 54,61% por mulheres. Sobre a permanência no local avaliado, 92,16% das pessoas se encontravam nas edificações por um período menor que 3 horas. Sobre o peso, 57,32% das pessoas consideravam seu peso normal, 3,53% abaixo do normal e 39,15% acima do normal. A média da idade dos entrevistados é 34,53 anos, sendo a idade mínima igual a 15 anos e a máxima, 85 anos.

A Tabela 3 apresenta as médias das principais variáveis pessoais e ambientais para as zonas bioclimáticas 7 (Cuiabá) e 8 (Cáceres), durante os períodos chuvoso e seco.

Tabela 3 - Média e desvio padrão das variáveis coletadas.

Período Chuvoso												
Zona		**M (met)**	**R (clo)**	**Ta (°C)**	**Va (m/s)**	**Tr (°C)**	**UR (%)**	**PMV (-)**	**PPD (%)**	**Top (°C)**	**S (-)**	**I (%)**
7	**Média**	1,76	0,40	26,45	0,10	26,89	58,08	0,84	29,43	26,67	0,43	20,09
	Desvio padrão	0,35	0,06	1,38	0,06	1,52	6,08	0,68	12,63	1,45	0,44	21,25
8	**Média**	1,65	0,41	25,63	0,11	26,39	55,09	0,64	16,82	26,00	0,14	7,83
	Desvio padrão	0,29	0,04	0,79	0,06	0,99	6,81	0,40	8,58	0,84	0,24	11,23
Período Seco												
Zona		**M (met)**	**R (clo)**	**Ta (°C)**	**Va (m/s)**	**Tr (°C)**	**UR (%)**	**PMV**	**PPD (%)**	**Top (°C)**	**S**	**I (%)**
7	**Média**	1,68	0,40	24,63	0,11	25,41	40,62	0,43	14,86	24,99	0,02	12,39
	Desvio padrão	0,33	0,06	1,74	0,07	1,65	2,72	0,54	7,23	1,68	0,37	14,39
8	**Média**	1,61	0,42	25,10	0,08	26,06	40,02	0,52	16,96	25,58	0,09	7,39
	Desvio padrão	0,30	0,04	1,28	0,05	1,29	4,05	0,55	9,68	1,27	0,23	9,83

Sendo:
M: taxa metabólica média, em met;
R: isolamento térmico médio das vestimentas dos entrevistados durante a medição, em clo;
Ta: temperatura média do ar, em °C;
Va: velocidade média do ar, em m/s;
Tr: temperatura média radiante, em °C;
Ur: Umidade relativa média do ar, em %;
PMV: voto médio predito, proposto por Fanger (1970), adimensional;
PPD: porcentagem de pessoas insatisfeitas, proposta por Fanger (1970);
Top: temperatura operativa média, em °C;
S: voto médio de sensação térmica, calculado por meio da média aritmética de todos os votos emitidos pelos ocupantes, através dos questionários, durante as medições, adimensional; e
I: porcentagem de insatisfeitos real verificados na medição, encontrado somando-se todos aqueles que votaram -3, -2, +2 e +3, mais 50% dos que votaram +1 e -1 por meio do questionário, conforme realizado por Xavier (1999).

A correlação entre os votos médios de sensação térmica reais e a porcentagem de insatisfeitos reais (obtidos por meio do questionário) pode ser verificada na Figura . Pode-se perceber que a correlação obtida não é tão estreita e acentuada quanto à proposta pelo modelo de Fanger (1970), pois para este estudo de campo encontrou-se um valor de R² igual a 0,75.

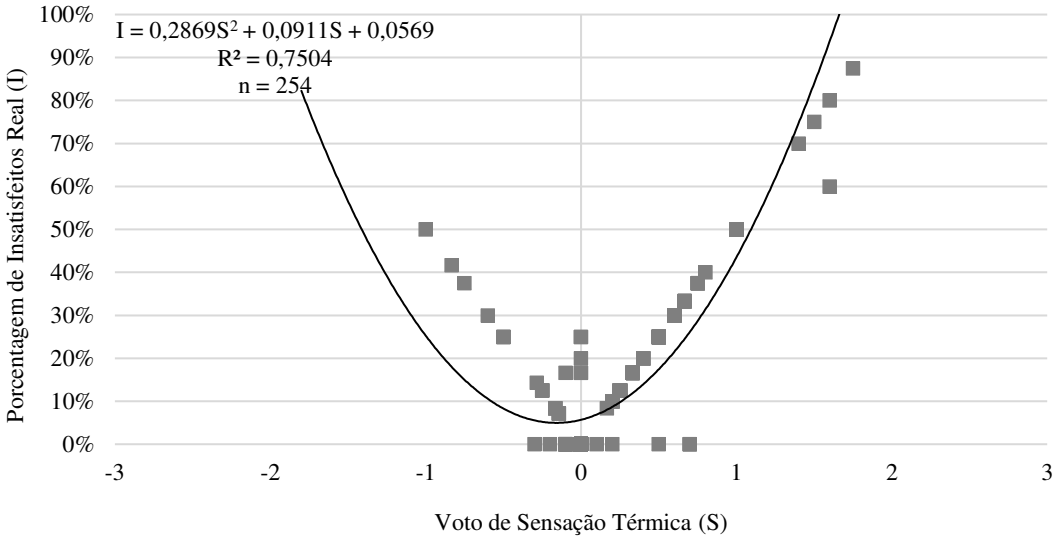

Figura 3 - Correlação entre o voto de sensação térmica e a porcentagem de insatisfeitos real.

Onde:
I: porcentagem de insatisfeitos reais verificados na medição, em %; e
S: voto médio de sensação térmica, adimensional.

A Figura apresenta uma regressão linear entre o PMV, calculado conforme estudos de Fanger (1970), e os votos de sensação térmica reais. Analisando o gráfico, encontra-se um valor de R² igual 0,2168, ou seja, apenas 21,68% das sensações reais correspondem ao modelo de PMV proposto por Fanger. Desse modo, percebe-se que o modelo de PMV apresenta uma baixa representatividade para esta pesquisa. O modelo de Fanger faz as relações com usuários e ambientes totalmente controlados. Quando se tem uma situação que foge disso, sem que as variáveis ou pessoas sejam controladas (como foi o caso desta pesquisa), o modelo de Fanger não é muito representativo.

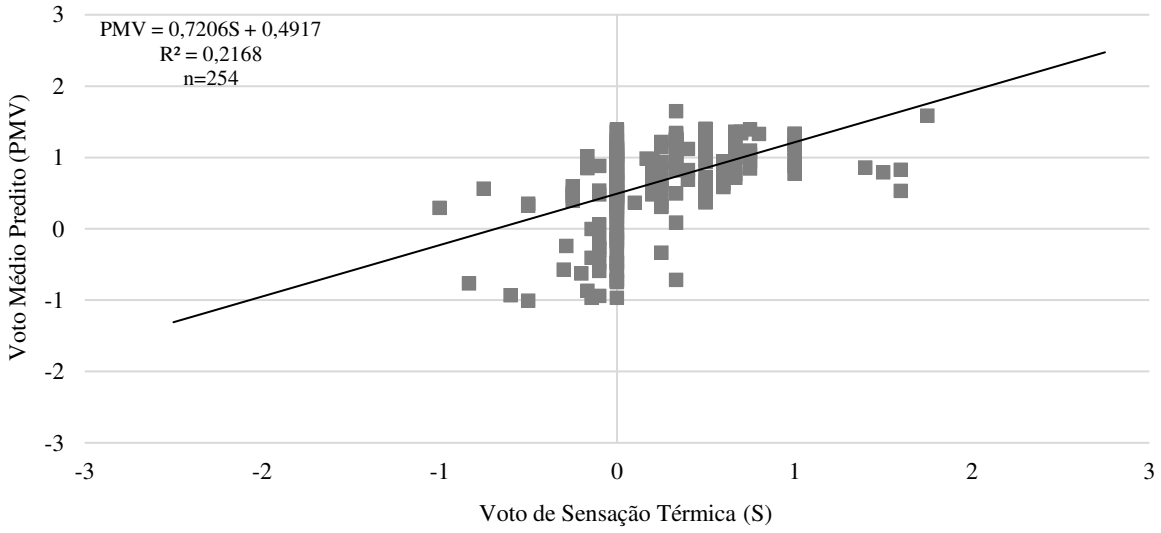

Figura 4 – Regressão linear entre PMV e sensações térmicas reais encontradas por meio dos questionários.

Onde:
PMV: voto médio predito, proposto por Fanger (1970), adimensional; e
S: voto médio de sensação térmica, adimensional.

A Figura 5 representa as regressões lineares realizadas para as zonas bioclimáticas 7 (a e b) e 8 (c e d) comparando a temperatura operativa com os votos médios de sensação térmica dos ocupantes nos períodos de chuva e de seca.

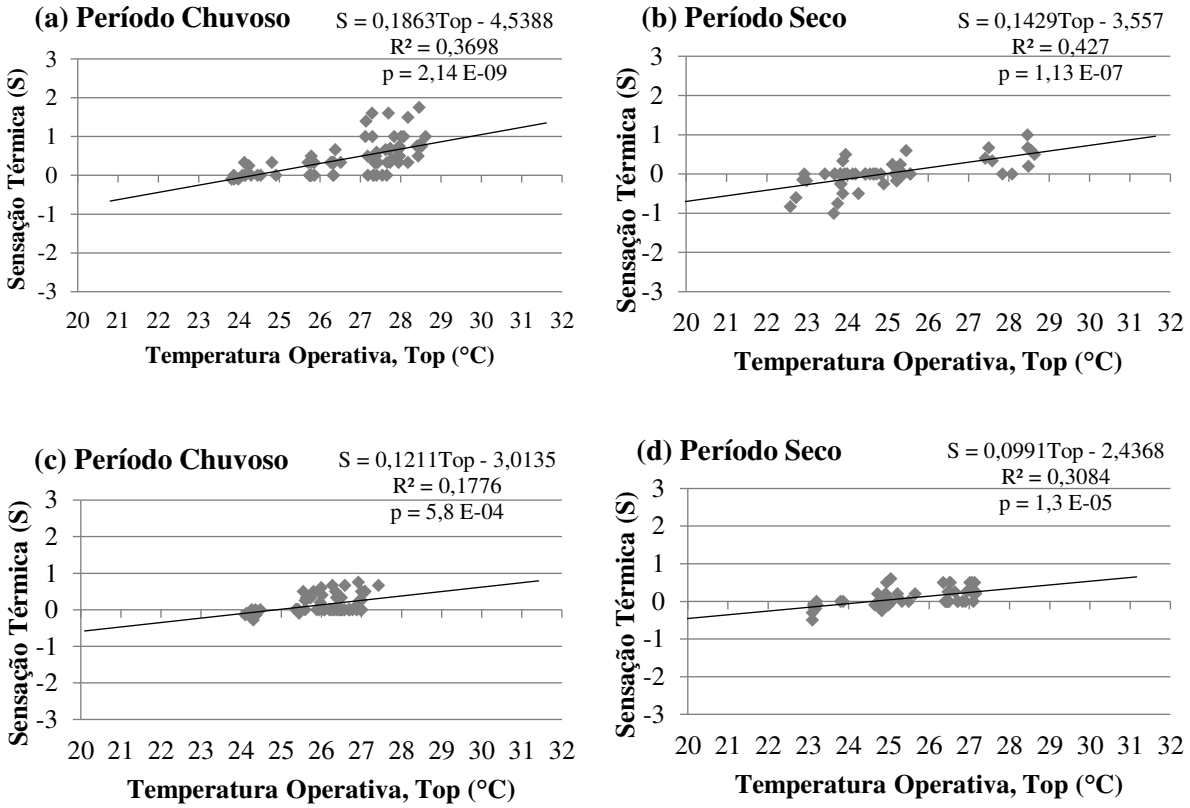

Figura 5 - Regressão linear entre a sensação térmica real e a temperatura operativa para zonas bioclimáticas.

Sendo:
S: voto médio de sensação térmica, adimensional;
Top: temperatura operativa média, expressa em °C;
p: probabilidade de significância, adimensional;
R²: coeficiente de determinação, adimensional.

As análises de variância demonstraram que as equações de regressão determinadas eram significativas. Além disso, os testes de Kolmogorov-Smirnov revelaram a normalidade dos resíduos.

A Tabela 4 traz o resumo dos valores encontrados de temperatura de neutralidade o valor do coeficiente "a" das equações de regressão para cada zona bioclimática estudada. Vale ressaltar que todas as análises de regressão linear foram realizadas com um intervalo de confiança de 95%.

O coeficiente "a" pode ser um indicador de adaptação térmica ao intervalo de temperatura proporcionado pelo sistema de climatização e valores mais baixos deste coeficiente podem corresponder a um maior grau de adaptação térmica dos usuários ao ambiente construído.

Portanto, sabendo-se que este coeficiente está relacionado com a adaptação dos ocupantes aos ambientes estudados, optou-se por determinar a temperatura de neutralidade por zona bioclimática, fornecendo, assim, subsídios mais específicos para cada região.

Analisando a Figura 5, evidencia-se que intervalo de aceitabilidade não é aplicável para este estudo, pois houve uma extrapolação do mesmo. Acredita-se que a causa dessa variação tenha sido gerada pela grande amplitude dos dados.

Straub *et al.* (2017) buscaram determinar uma temperatura de neutralidade em salas de ensino superior nas zonas bioclimáticas do Estado de Mato Grosso e obtiveram uma temperatura de neutralidade de 26,6°C. A partir desse resultado nota-se que apesar de utilizar a mesma metodologia encontrou-se resultados diferentes.

Tabela 4 - Temperatura de Neutralidade por zona bioclimática e estação

Período	Zona Bioclimática	Coeficiente (a)	Temperatura de Neutralidade
Chuvoso	**7**	0,19	24,43 °C
	8	0,12	24,88 °C
Seco	**7**	0,14	24,90 °C
	8	0,10	24,59 °C

5. CONCLUSÕES

É possível notar, a partir dos resultados encontrados nesta pesquisa, a necessidade de um estudo das características regionais para a concepção de uma edificação, visto que para atender à necessidade ambiental da mesma, é preciso considerar as particularidades culturais dos ocupantes e as condições climáticas locais.

Mesmo sabendo que as pesquisas de campo e as pesquisas realizadas em câmaras climatizadas são divergentes em suas metodologias e resultados, percebe-se que as duas apresentam os objetivos de alcançar um aumento no conhecimento sobre do conforto térmico e de determinar um modo de proporcioná-lo aos ocupantes das edificações. Como foi possível perceber, encontraram-se nesta pesquisa, grandes variações entre as sensações térmicas reais levantadas em campo e as propostas pelo modelo do PMV de Fanger, desse modo, é possível perceber a importância da realização de pesquisas em campo, sem que as variáveis sejam controladas pelo pesquisador.

A temperatura de neutralidade média encontrada para as zonas bioclimáticas 7 e 8 do estado de Mato Grosso, considerando as medições realizadas nas estações chuvosa e seca, foi de 24,70 °C. A temperatura operativa média encontrada foi 25,90°C e a máxima, foi 28,63°C, ou seja, esses valores superam o valor ideal encontrado (24,70°C).

Assim, percebe-se que através da análise de equações de regressão linear foi possível determinar a temperatura de neutralidade e o intervalo de aceitabilidade térmica para as zonas bioclimáticas 7 e 8 do estado de Mato Grosso, nos períodos chuvoso e seco. Contudo, devido a quantidade de variáveis, percebe-se que o intervalo de aceitabilidade não é aplicável para esta pesquisa. Portanto, ressalta-se que uma nova pesquisa pode ser feita estudando apenas um grupo de pessoas que estejam desenvolvendo a mesma atividade, que apresentem vestimentas com uma resistência térmica semelhante ou que permaneçam nas edificações por um maior período de tempo.

No que se refere ao desempenho térmico, nota-se que devem ser adotadas medidas para a construção de novas edificações e devem ser analisadas alternativas construtivas para as edificações já existentes. Acredita-se que por meio dessa análise, seja possível oferecer aos ocupantes, melhores condições de conforto ambiental e espera-se que um retorno financeiro seja estabelecido, já que sabendo a temperatura de neutralidade térmica para cada zona bioclimática, os gastos com condicionamento artificial podem ser reduzidos.

Portanto, a presente pesquisa traz importantes contribuições no que diz respeito ao alcance do conforto térmico em ambientes reais de trabalho nas edificações comerciais, públicas e de serviço no Estado de Mato Grosso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREASI, W. A. Método para avalição de conforto térmico em região de clima quente e úmido do Brasil. Florianópolis, 2009. Tese de doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGENEERS. ASHRAE 55: thermal environmental conditions for human occupancy. New York: 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS - ABNT. NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. NBR 15220-3: desempenho térmico de edificações: Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

BATIZ, E. C.; GOEDERT, J.; MORSCH, J. J.; KASMIRSKI-JR, P.; VENSKE, R. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. Produção, v. 19, n. 3, p. 477-488, 2009.

FANGER, P. O. Thermal Comfort. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970. Technical University of Denmark, Laboratory of heating and Air Conditioning.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. Manual de Conforto Térmico. 5 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GRZYBOWSKI, G.T. Conforto térmico nas escolas públicas em Cuiabá – MT: estudo de caso. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

HUMPHREYS, M. A. The variation of comfortable temperatures. Energy Research, v. 3, p. 13-18, 1979.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7726: Ergonomics o the thermal environmente – Instruments for measuring physical quantities. 1998.

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 índices and local thermal comfort criteria. 2005.

KUCHEN, E.; FISCH, M. N. Spot Monitoring: Thermal comfort evaluation in 25 office buildings in winter. Building and Environment Journal, v. 44, 2009.

LAMBERTS, R. et al. Desempenho térmico de edificações. UFSC, Apostila Disciplina: ECV 5161, Florianópolis, SC, 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência energética na arquitetura. 3 ed. São Paulo: Eletrobras/Procel, 2014.

LAMBERTS, R.; XAVIER A. A.; GOULART, S.; VECCHI, De R. Conforto térmico e stress térmico. UFSC. Florianópolis – SC, 2014.

SANCHES, J. C. M.; QUEIROZ, T. M.; VIEIRA, N. L. Viabilidade da utilização de Coberturas Verdes em Mato Grosso segundo o Balanço Hídrico Climatológico do estado e o Zoneamento Bioclimático brasileiro. In: 4º Seminário de Habitação e Interesse Social, 2011. Anais... Sinop, 2011.

STRAUB, K. W.; LEÃO, E. F. B.; KUCHEN, E.; LEÃO, M. Determinação da temperatura de neutralidade em salas de aula do ensino superior para as zonas bioclimáticas do estado de Mato Grosso. Ambiente Construído, Porto Alegre, 2017.

XAVIER, A. A. P. Condições de conforto térmico para estudantes de 2° grau na região de Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.