XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Conforto e preferência térmica em edificações de ensino na região Centro-Sul do Brasil

Comfort and thermal preference in educational buildings in the Center-South region of Brazil.

Pollyanna Meireles Cordeiro
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul | Campo Grande | Brasil | pollymeic@hotmail.com
Márcio José Sorgato
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | sorgato@utfpr.edu.br

Resumo

Este trabalho investigou a percepção, preferência e sensação térmica de estudantes universitários em edificações de climas tropicais secos que operam por meio de ar-condicionado, nas cidades de Naviraí e Campo Grande-MS. Para isso foram realizadas medições de parâmetros físicos concomitante a coleta de informações sobre os espaços fornecidas por seus usuários através de questionários eletrônicos. Os dados coletados foram processados através de análises estatísticas. Como resultado verificou-se a falta de evidências para justificar os estreitos limites de temperatura operativa definidos pela normatização existente, além disso esta pesquisa fornece subsídios para a compreensão das questões térmicas da região.

Palavras-chave: Conforto térmico. Clima tropical. Ambiente de Ensino. PMV. Ar-condicionado.

Abstract

This study aimed to investigate the perception, preference and thermal sensation of university students in buildings in dry tropical climates that operate with air conditioning, in the cities of Naviraí and Campo Grande-MS. For this, measurements of physical parameters were carried out concomitantly with the collection of information about the spaces provided by their users through electronic questionnaires. The collected data were processed through statistical analysis. As a result, there was a lack of evidence to justify the narrow operating temperature limits defined by the existing regulations, in addition, this research provides subsidies for the understanding of thermal issues in the region.

Keywords: Thermal comfort. Tropical weather. University building. PMV. Air conditioner.

Como citar:
CORDEIRO, P. M.; SORGATO, M. J. Conforto e preferência térmica em edificações de ensino na região Centro-Sul do Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

INTRODUÇÃO

Com a aumento das temperaturas externas resultantes do aquecimento global, prover ambientes internos que atendam as demandas humanas de conforto térmico tem se tornado cada vez mais um desafio. Este se torna uma tópico importante pois é nestes locais que as pessoas passam de 80% a 90% de suas vidas [1].

Entre os equipamentos elétricos o ar-condicionado é o mais eficiente em fornecer rápida diminuição da temperatura ao prover conforto térmico em ambientes quentes. A Agência Internacional de Energia estima que até 2050 o número de aparelhos de ar-condicionado no mundo aumentará de 1,6 para 5,6 bilhões [2], causando o incremento na demanda mundial por eletricidade.

No Brasil 51,2% da eletricidade produzida é consumida pelas edificações [3], e desta aproximadamente 50% é consumida na climatização artificial de edificações comerciais e públicas [4].

A geração de energia elétrica tem impactos ambientais, como a emissão de gases causadores do efeito estufa, desmatamento, produção de rejeitos, uso de recursos hídricos. Além disso, a relação humana com as condições de conforto térmico tem impacto na saúde e na produtividade, estudos associam a utilização excessiva de climatização artificial ao ganho de peso [5], aparecimento de diabetes [6] e outras doenças [7].

Espaços condicionados artificialmente não promovem necessariamente conforto térmico. Como exemplo temos a tendência a um super-resfriamento nos ambientes que possuem sistemas de climatização artificial durantes os meses mais quentes do ano [8].

Para se entender a relação usuário *versus* climatização artificial (preferências, sensações, hábitos), são necessários estudos de campo, com amostras estatisticamente significativas e participantes desenvolvendo atividades usuais durante a operação do ambiente. Com a coleta e tratamento destes dados é possível que os limites mínimos e máximos da zona de conforto térmico, e temperatura preferida, que nem sempre é tida como a temperatura de conforto [9], sejam identificados.

Além disso, pesquisas deste tipo buscam entender os hábitos de populações em relação ao clima e ao uso do ar-condicionado, já que as condições térmicas as quais as pessoas são habituadas têm influência em suas preferências e temperatura de conforto [10], homens e mulheres têm percepções diferentes do espaço térmico [11], assim como diferenças são encontradas em diferentes faixas etárias [12], hábitos [13], renda [14].

No Brasil, há uma limitação de pesquisas nesse sentido quando se trata de climas da região Central, e é nesse sentido que investigações acerca das preferências térmicas em climas destes locais são importantes. Pois é através delas que peculiaridades climáticas presentes no país podem ser entendidas, para que com isso tenha-se subsídios para políticas que atuem na redução do consumo energético.

METODOLOGIA

Os dados da pesquisa foram coletados em 9 (nove) ambientes de ensino, localizados nos campi da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS de Campo Grande e Naviraí. Os experimentos foram realizados na Estação do Outono, nos dias 04 e 05 de abril 2022 (Campo Grande/MS – CG) e 11 e 12 de abril 2022 (Naviraí/MS - NV).

Os experimentos apresentam a característica de simultaneidade entre o tempo e espaço por meio da coleta de dados qualitativos (questionários) e quantitativos (medição) das variáveis ambientais: temperatura do ar (°C); velocidade do ar (m/s); temperatura de globo (°C); e umidade relativa do ar (%).

CONTEXTO CLIMÁTICO

O clima das cidades é o Tropical de Monção de acordo com a classificação Koppen-Greiger [15], no Quadro 1 são apresentadas as informações das cidades:

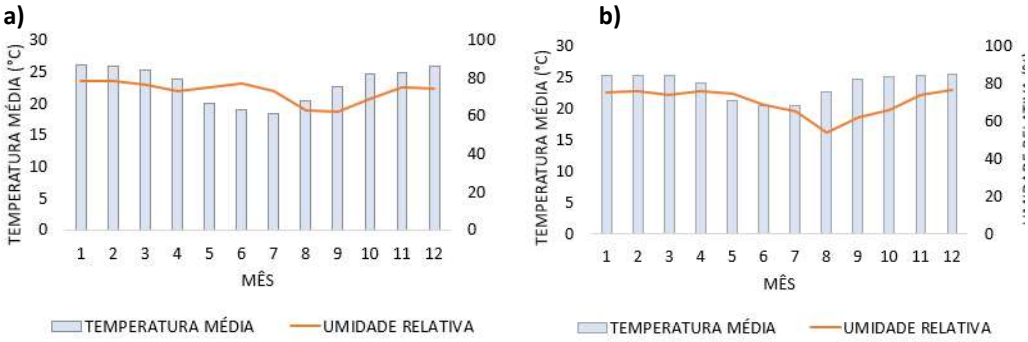
Quadro 1: Características das cidades que foram realizados os experimentos.

Cidade	Coordenada geográfica	Altitude média	Pluviosida de anual	Principais características
CG	20°S,54°O	592m	1.573mm	Inverno seco e frio e verão quente e chuvoso
NV	23°S,54°O	338m	1.514mm	Pluviosidade significativa e temperaturas médias baixas durante todo o ano

Fonte: autores.

A Figura 1 apresenta as médias mensais de temperatura do ar e da umidade relativa, ambas as cidades possuem predominância de um clima frio e úmido de maio a julho, uma queda acentuada da umidade acompanhada da elevação das temperaturas é verificada em agosto em Campo Grande.

Figura 1: Médias mensais de temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) de Naviraí (a) e Campo Grande (b), respectivamente



Fonte: a) Normais Climatológicas [16] e b) Climate Data.org [17].

CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES ANALISADOS

As características dos ambientes foram coletadas por meio de um formulário antes do início dos experimentos. Em nenhum dos ambientes os acadêmicos possuíam a autonomia para operar os sistemas de climatização artificial do ar e a abertura das

janelas. Em todos os experimentos as salas de aula operavam com climatização artificial do ar e janelas fechadas, nenhum ambiente teve o uso da ventilação natural.

No quadro 2 é possível identificar detalhes da coleta dos dados. A primeira rodada de aplicação de cada um dos questionários se deu conforme horário indicado no Quadro 2, após isso, os questionários foram aplicados novamente durante 3 (três) rodadas, a cada 20 minutos do início da rodada anterior. Em CG os experimentos foram realizados nas aulas do curso de Engenharia Civil, em NV nos cursos de Arquitetura e Urbanismo, Pedagogia e Administração.

Quadro 2: Características das salas de aula envolvidas na pesquisa

Local	ID. coleta	Data	Início	Fim	Aberturas	Dimensões(m)	Climatização (AC split)
Campo Grande	1 4	04/04 05/04	7:45 10:00	8:45 11:00	2 janelas na fachada Leste + persianas	7,20X7,50X3,30	1
	2	04/04	10:40	11:40	2 janelas na fachada Oeste	9,0x11,20X3,50	2
	3	04/04	13:40	14:40	2 janelas na fachada Sudoeste + persianas	8,50X6,50X3,30	1
Naviraí	5 7 8 9	11/04 11/04 12/04 12/04	8:00 19:45 7:50 20:40	9:00 20:45 8:50 21:40	4 janelas na fachada Noroeste + cortinas	7,20x8,00X3,30	2
	6	11/04	14:00	15:00	5 janelas na fachada Noroeste + cortinas	7,20x12,50X3,30	3

Fonte: autores.

Observa-se nas Figuras 2 e 3 os ambientes de ensino, todos os ambientes possuem cadeiras com encosto plástico ou de madeira.

Figura 2: Ambientes de ensino que foram realizados os experimentos na cidade de Campo Grande.

Experimentos 1 e 4



Experimento 2



Experimento 3



Fonte: autores.

Figura 3: Ambientes de ensino que foram realizados os experimentos na cidade de Naviraí.

Experimentos: 5, 7, 8 e 9



Experimento: 6



Fonte: autores.

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

O Quadro 3 e a Figura 4 apresentam os equipamentos utilizados nas medições, todos atendem aos requisitos da ISO 7726 [18].

Quadro 3: Instrumentos utilizados na coleta das variáveis ambientais.

Equipamento	Sensor	Variável coletada	Incerteza do equipamento	Faixa de medição
Estação Microclimática BABUC/A	Termômetro de bulbo seco e úmido forçado BSU 102	TBS Ur	±0,15 à ± 0 ºC -	-10 a 100 ºC 0 a 100%
	Termômetro de globo BTS 131	Tg	±0,15 à ± 0 ºC	-10 a 100 ºC
Termo anemômetro digital portátil de fio quente	TAFR-180	Var	± 2%	0 a 20 m/s
Sensores de temperatura de bulbo seco	H08-003-02 - Hobo®	TBS	± 2%	-20ºC à +70ºC

Fonte: autores.

Para a medição e registro da temperatura do ar foram utilizados 12 (doze) sensores do tipo HOBO® H8 data logger que foram localizados em quatro tripés posicionados na sala de aula (Figura 5), para obtenção dos registros armazenados pelos sensores foi utilizado o *software* BoxCar®Pro. Os dados coletados pelo BABUC/A, que foi posicionado no centro da sala de aula (Figura 5), foram importados utilizando-se o *software* infoGAP. Após gravados os dados do BABUC/A e dos HOBOs foram exportados e tabulados em uma planilha eletrônica.

Figura 4: Equipamentos utilizados: estação microclimática (a), anemômetro (b) e sensor de temperatura (c).

a) Babuc/A



b) Termo-anemômetro



c) Sensor de temperatura Hobo



Fonte: autores.

EXECUÇÃO DOS EXPERIMENTOS E TÉCNICAS DE MEDIÇÃO

O protocolo de medição atendeu a todos os requisitos da *Standard* 55 [19]. Em todos os experimentos a estação microclimática foi posicionada no centro da sala e/ou a no mínimo a 1,10m de paredes e de jatos de ar, essa também foi a altura em que a Var pontual foi coletada.

A fim de se obter valores os mais precisos possíveis de velocidade e temperatura do ar, durante as medições os espaços foram divididos em quadrantes (Figura 5), cada um identificado como “A”, “B”, “C”, “D” recebia em seu centro um tripé (Figura 6) no qual os HOBOS foram posicionados em 3 alturas diferentes: 0,10m, 0,60m e 1,10m. Estes sensores registravam o valor da temperatura do ar a cada 5 (cinco) minutos, cada HOBO foi identificado por meio de número e do tripé no qual ele estava inserido (A1, A2, A3, B1, B2...).

Após coletados, os valores registrados por cada um dos 3 HOBOS de cada tripé foram inseridos em uma planilha eletrônica, e foi calculado o valor médio de temperatura do ar que caracterizasse o quadrante no qual o tripé estava inserido, esse valor foi associado ao momento das respostas fornecidas nos questionários.

Figura 5: Croqui exemplo do layout da locação dos equipamentos.



Fonte: autores.

Em cada uma das rodadas para cada um dos quadrantes o valor indicado pelo anemômetro portátil foi registrado pelo período de 30 a 60 segundos (utilizando-se a câmera de um *smartphone)*, após isso, os valores foram inseridos em uma planilha eletrônica, e um valor médio para o horário da resposta do questionário foi fornecido.

Figura 6: Tripé utilizado (à esquerda), registro da medição pontual da velocidade do ar à direita).



Fonte: autores.

Com os registros da temperatura de globo, foi realizado o cálculo da temperatura radiante média (°C), conforme procedimentos previstos na ISO 7726 [18]. A temperatura operativa foi calculada utilizando o *script* em linguagem R [20], que

também forneceu o limite da zona de conforto superior e inferior, o valor de *predicted mean vote* – PMV, a *predicted percentage dissatisfied* - PPD (%), calculados com base na *Standard* 55 [19].

QUESTIONÁRIOS

Para a coleta das variáveis individuais e sensações e preferências térmicas, foi utilizado um questionário eletrônico, elaborado com base na ISO 10551 [21], ISO 7730 [22] e *Standard* 55 [19], aplicado por meio do *GoogleForms* [23]. O questionário foi estruturado em 5 (cinco) partes, respondidas total ou parcialmente em 4 (quatro) rodadas:

1ª - Identificação dos respondentes: carteira e quadrante;

2ª - Características antropométricos e pessoais;

3ª - Condições térmicas e metabólicas anteriores ao experimento;

4ª - Hábitos;

5ª - Avaliação do ambiente térmico;

A primeira e quinta partes foram respondidas nas 4 (quatro) rodadas de aplicação, as demais apenas na primeira rodada. Para acesso ao questionário os respondentes receberam um folheto que continha 4 (quatro) QR *Codes* (Figura 7), cada um dava acesso a uma rodada do questionário além de um código que possibilitava a identificação do local em que o participante estava inserido, a fim de que pudesse ser identificado posteriormente as condições específicas a qual o mesmo estava exposto.

O questionário era respondido com o uso do *smartphone* do próprio participante, e nos casos da impossibilidade disso, foram distribuídos questionários impressos. Os conceitos de sensação, preferência térmica e de velocidade do ar não eram explanados aos respondentes.

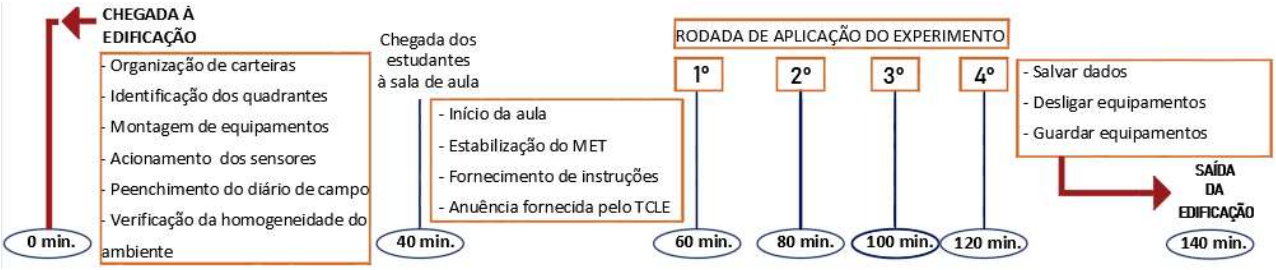
Figura 7: Folheto distribuído aos estudantes.



Fonte: autores.

O questionário eletrônico foi desenvolvido para que respostas dúbias relacionadas a velocidade do ar e sensações térmicas fossem impossíveis de serem registradas. A figura 8 apresenta um resumo do procedimento de coleta de dados.

Figura 8: Procedimento de coleta de dados



Fonte: autores

O TCLE, o qual a Figura 8 cita, trata do Termo de Consentimento de Livre Esclarecido, em que os participantes da pesquisa dão o consentimento e a anuência para participação no experimento. Todos os procedimentos da pesquisa foram aprovados junto ao Comitê de Ética e Pesquisa Científica da Plataforma Brasil, conforme parecer nº.5.210.200.

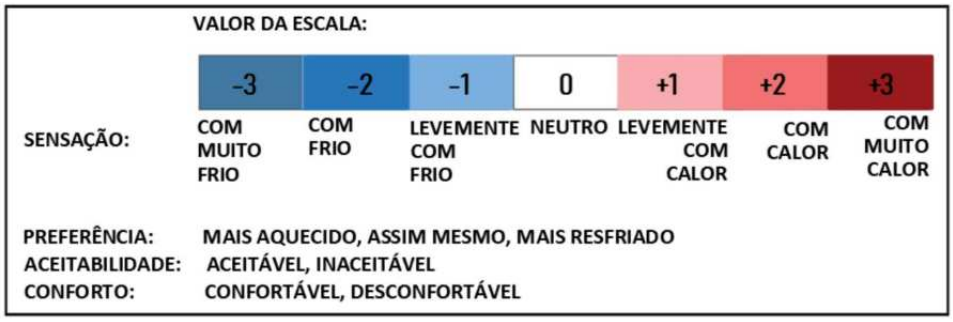
RESULTADOS

Com o objetivo de contribuir para a realização de estudos em diferentes climas, populações e tipologias construtivas este estudo coletou 853 votos de sensação térmica, fornecidos por 216 indivíduos. Os dados foram analisados sob a ótica do Modelo Analítico de Conforto Térmico [24], através de estatística descritiva.

Este modelo tem como objetivo prever a sensação térmica de um grupo de pessoas por meio do *predicted mean vote*-PMV, e do o *predicted percentage of dissatisfied*-PPD, que é um índice que estabelece uma previsão quantitativa da percentagem de ocupantes insatisfeitos termicamente com um espaço.

Para seu autor [24], o PMV de ambientes resfriados artificialmente em condições aceitáveis de conforto térmico tem valores entre -1 a +1. A *Standard* 55 [19], que atualmente é a referência normativa mundial na área limitou esse valor para -0,5 a +0,5. Para esta pesquisa, as sensações térmicas foram avaliadas conforme figura 9.

Figura 9: Escalas utilizadas nesta pesquisa



Fonte: autores, com base na ASHRAE 55.

Os usuários das edificações desempenharam atividades típicas de alunos em ambientes educacionais (1,0 a 1,2 met), as características pessoais e antropométricas dos respondentes podem ser verificadas no quadro 4.

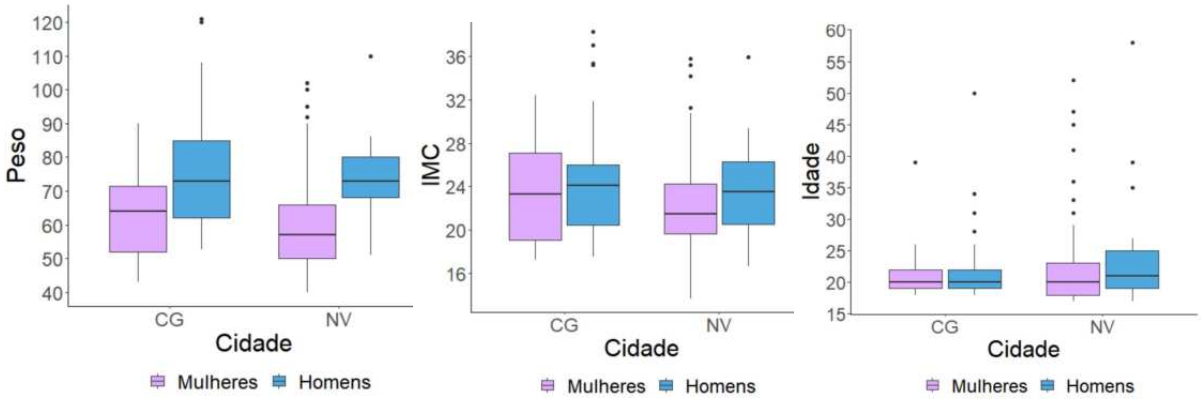
Quadro 4: Características da amostra, por sexo, F= Feminino e M=Masculino

Cidade	Variável	Mín.		Média		Máx.		Mediana		DP	
		F	M	F	M	F	M	F	M	F	M
		n=92	**n=295**								
CG n=387	Idade	18	18	21,43	21,27	39	50	20	20	4,43	4,39
	Peso	43	52,60	62,98	74,82	90	121	64	73	12,75	15,07
	Altura	1,53	1.60	1,64	1.76	1,73	1,95	1,63	1,77	0,05	0,07
	IMC	17,21	17,53	23,41	24,11	32,39	38,27	23,31	24,07	4,44	4,56
	clo	0.26	0,23	0,52	0,47	0,83	0,85	0,45	0,45	0,18	0,18
		n=372	**n=94**								
NV n=466	Idade	17	17	21,90	23.94	52	58	20	21	6,39	8,97
	Peso	40	51	59,93	73,29	102	110	57	73	13,60	12,11
	Altura	1,50	1.62	1,63	1,76	1,83	1,90	1,63	1,75	0,07	0,07
	IMC	13,68	16,65	22,39	23,80	35,74	35,92	21,50	23,55	4,23	4,24
	clo	0,23	0,26	0,65	0,63	1,23	1	0,65	0,58	0,20	0,22

Fonte: autores.

Em ambas as cidades os homens apresentaram a maior média de peso, em CG a amplitude de valores de peso foi maior no sexo masculino, o contrário aconteceu em NV. Ao se analisar o índice de Massa Corporal-IMC maiores intervalos foram encontrados no sexo feminino em CG e masculino em NV. A amostra conta com uma idade média próxima em ambas as cidades e sexos, conforme Figura 10.

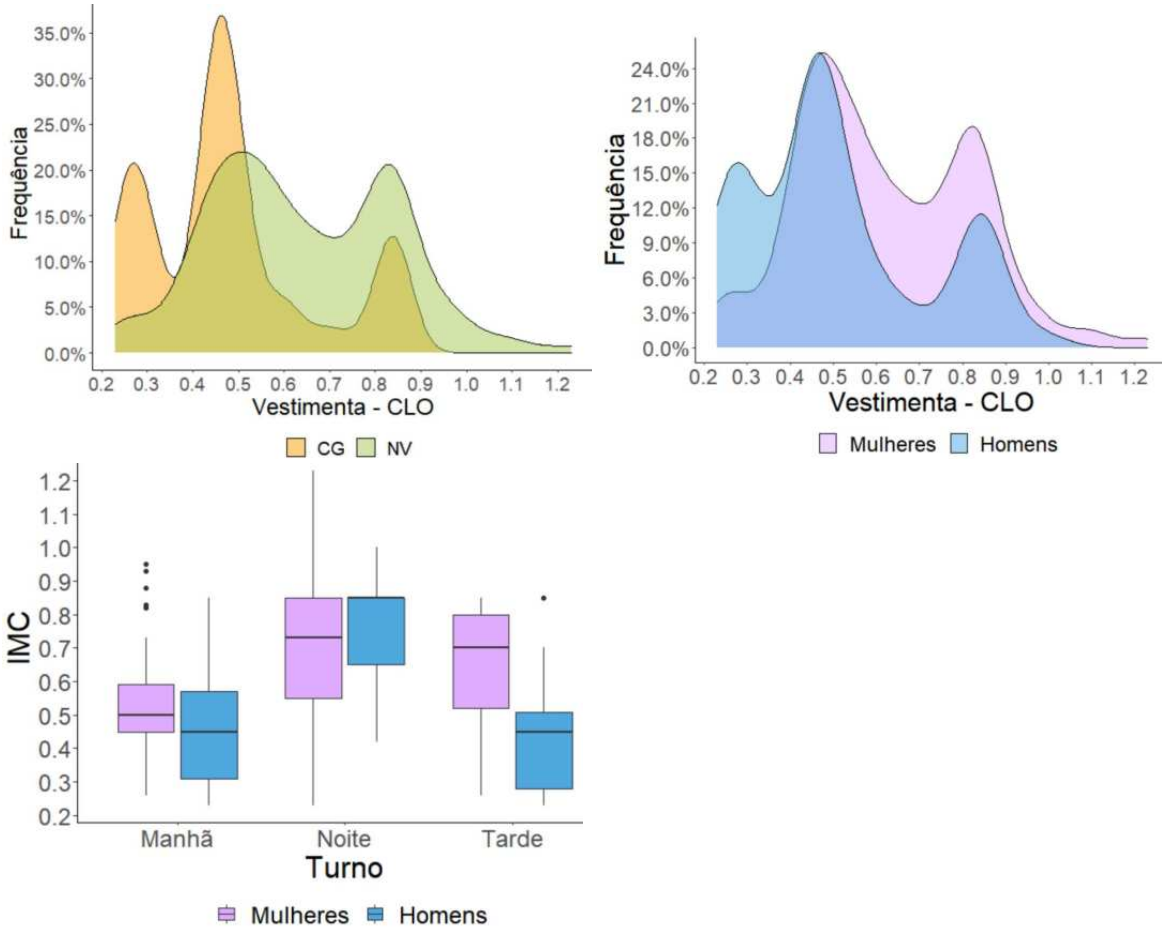
Figura 10: Características antropométricas da amostra, conforme sexo: peso (à esquerda), IMC (ao centro) idade (à direita)



Fonte: autores.

Observa-se na figura 11 que em Campo Grande resultou na predominância de menores clo quando comparada a Naviraí. A ocorrência dos maiores clo está vinculada ao público feminino.

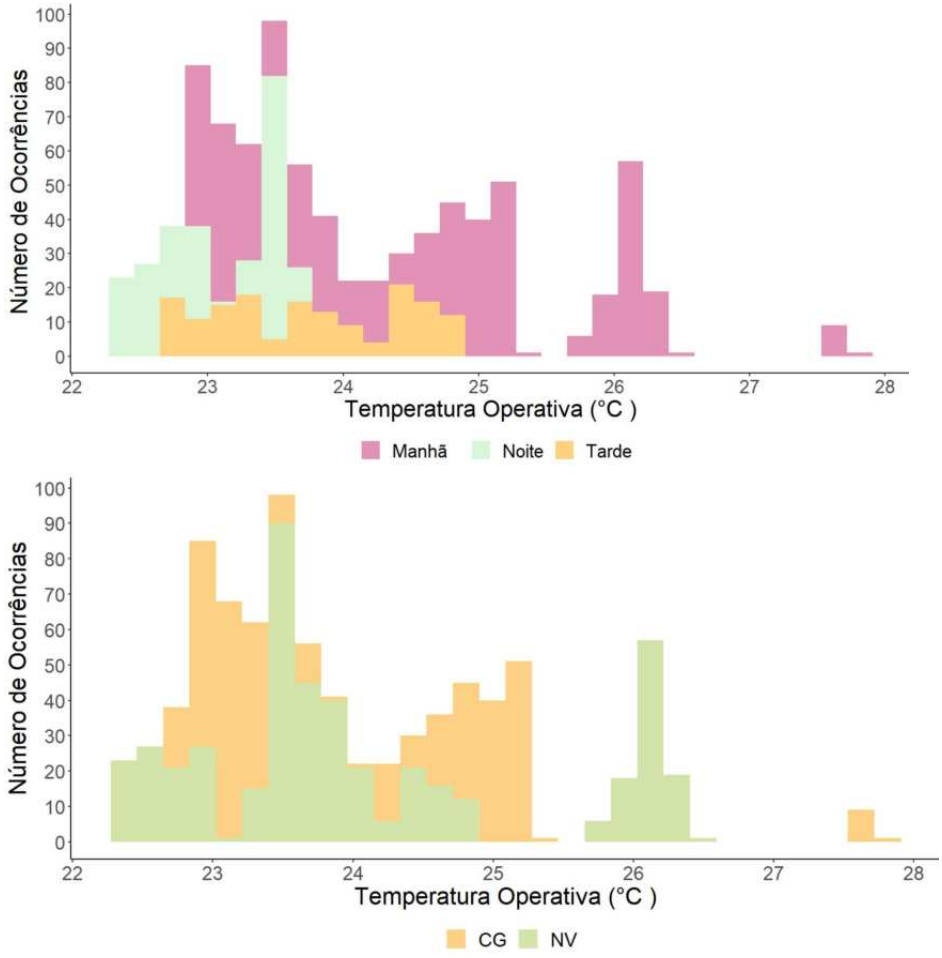
Figura 11: Frequência de ocorrência de clo, por cidade (à esquerda), sexo (ao centro) e turno e sexo (embaixo)



Fonte: autores.

A temperatura operativa variou entre 22,6°C a 27,7°C em Campo Grande e 22,2°C a 26,4°C em Naviraí (Figura 12). No período noturno as temperaturas foram mais baixas e mais elevadas durante o período da manhã. Em Naviraí observa-se uma frequência maior de temperaturas baixas que Campo Grande. Em 36,91% dos votos, após a primeira rodada do experimento, os respondentes acusaram ações de ajuste para aquecer/resfriar o corpo, destes 10,75% relataram estar em desconforto térmico por frio e desejando estar mais aquecidos.

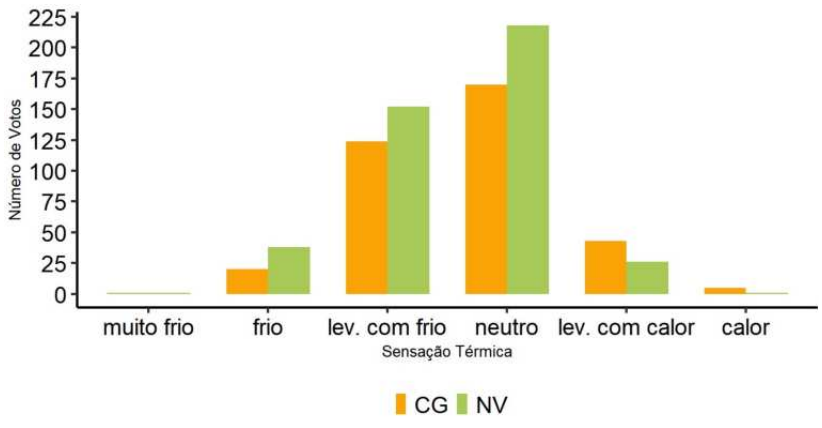
Figura 12: Frequência de ocorrência das To, em cada um dos turnos (à esquerda), e cidades (embaixo)

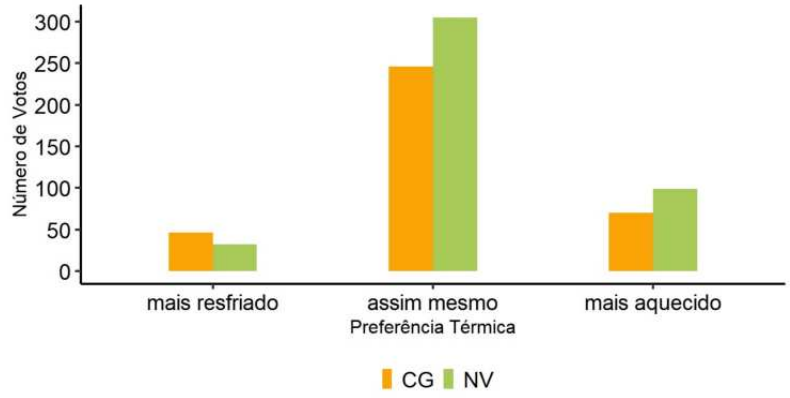


Fonte: os autores.

Observa-se na Figura 13 que a maioria dos votos que declararam conforto térmico apresentaram a sensação térmica de neutralidade, seguida por levemente com frio, com a preferência de continuar como a sensação, na segunda condição pela preferência de estarem mais aquecidos. Apenas 2,96% dos respondentes declaram a inaceitabilidade do ambiente térmico.

Figura 13: Votos de conforto térmico: frequência da sensação (em cima) e preferência (embaixo) térmica dos participantes em ambas as cidades.

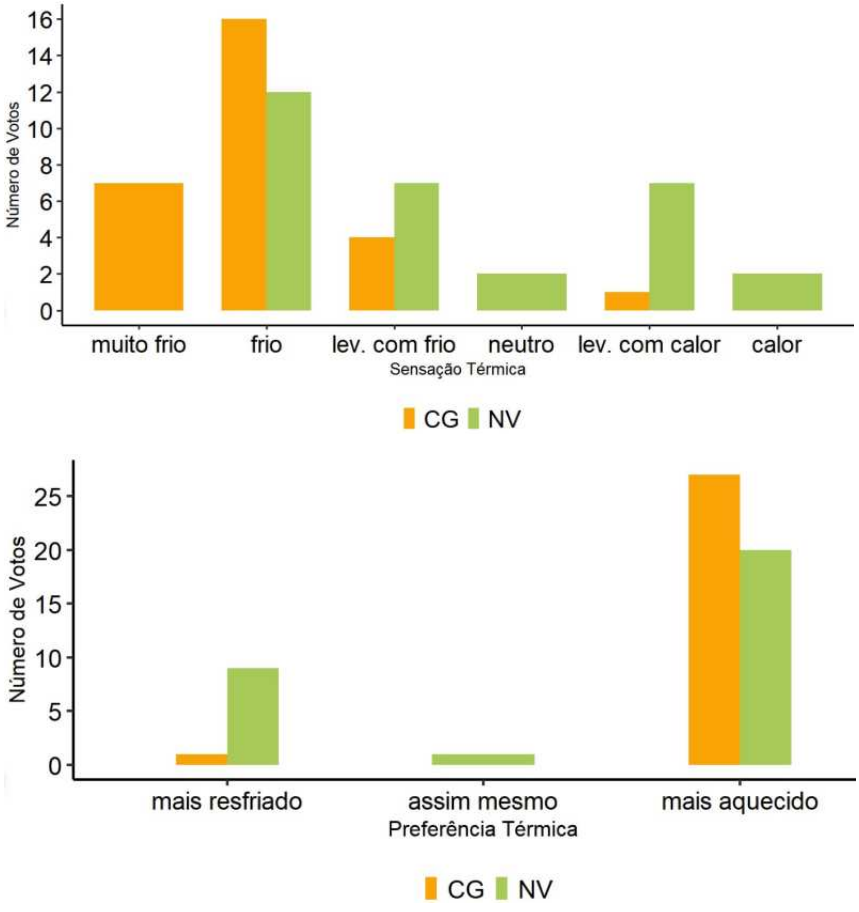




Fonte: os autores.

Analisando os votos de desconforto térmico, a maioria dos registros apontavam para sensação desconforto por frio e a preferência por estarem mais aquecidos (Figura 14).

Figura 14: Votos de desconforto térmico: frequência da sensação (encima) e preferência térmica (embaixo) dos participantes em ambas as cidades.

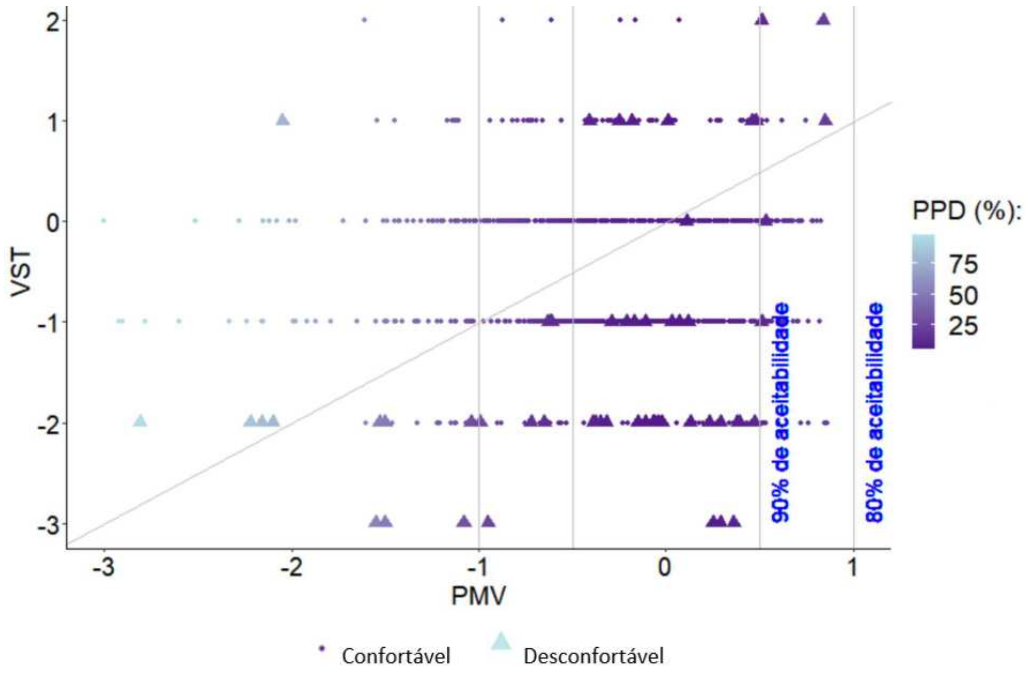


Fonte: os autores

Analisando as sensações térmicas levantadas (Figura 15), observa-se que a maioria dos pontos estão acima ou abaixo da bissetriz (linha que representa uma combinação perfeita entre o PMV e o Voto de Sensação Térmica - VST). Na figura 15 é possível identificar que mesmo com valores de PPD e PMV aceitáveis, votos de desconforto térmico foram registrados.

Observa-se que os usuários consideraram termicamente confortáveis valores de PMV entre +0,86 e -1,92 (Figura 15), sendo que foram relatados 20 votos de conforto com PMV entre -1,98 a -3,00, entretanto não foram estatisticamente significativos. Identificou-se que apenas 6,77% dos usuários relatam desconforto térmico, destes 51,72% foram relatados em Naviraí (NV) e 48,27% de Campo Grande (CG). Na pesquisa as mulheres apresentaram uma tendência de relatar desconforto térmico superior (9%) aos homens.

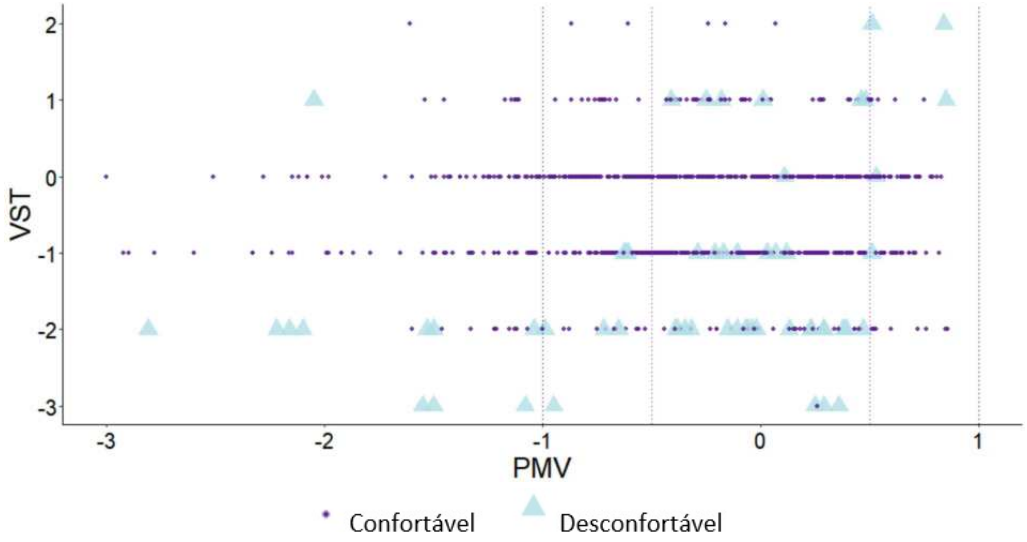
Figura 15: VST X PMV X PPD (%).



Fonte: autores

Considerando um PMV de -0,5 a +0,5, observa-se que 42,75% da amostra estaria em condições adequadas de conforto térmico (Figura 16), entretanto destes 92,85% relataram conforto térmico, e apenas 7,14% relatou desconforto térmico. Considerando a faixa de aceitabilidade no intervalo de -1 a +1, conforme previsto originalmente por Fanger [24], a porcentagem de VST aceitável sobe para de 85,51%, sendo nesse caso, 93,57% relatado conforto e 6,42% de desconforto.

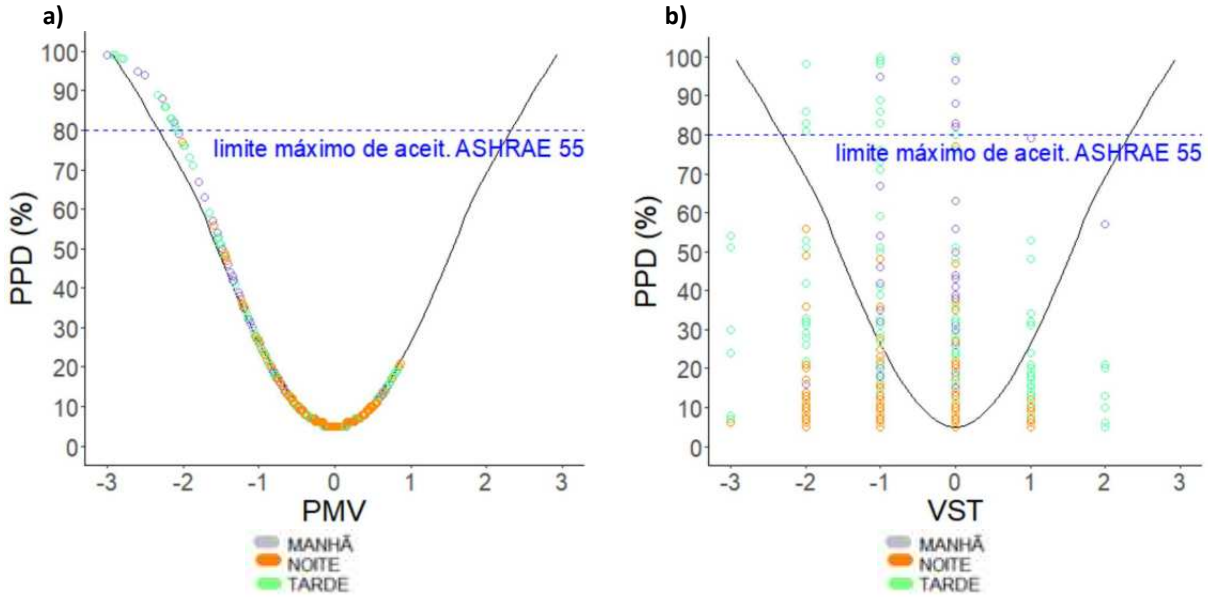
Figura 16: VST X PMV X PPD (%).



Fonte: autores

A Figura 17 (a) e (b) apresentam o PPD em função do PMV (a) e o VST (b), observa-se (Figura 17 a) a predominância do conforto térmico nas aulas do período noturno (votos entre -1 e +1). Analisando o VST (Figura 17 b) identifica-se que a predominância se manteve, entretanto, a maioria dos votos se estão fora dos limites da *Standard* 55 [19].

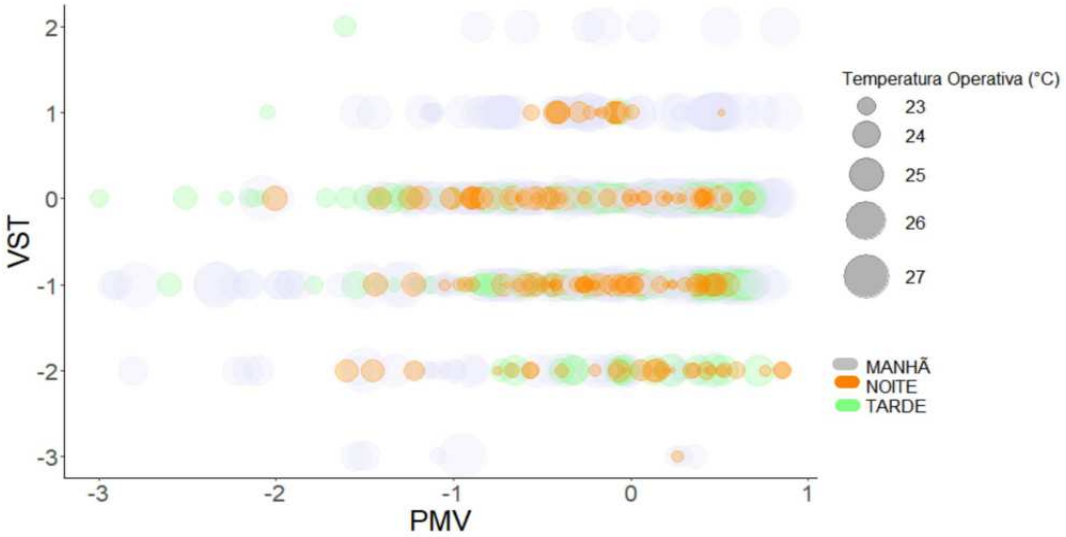
Figura 17: PPD X PMV por turno (à esquerda) e PPD X VST (à direita) por turno.



Fonte: autores

A faixa de PMV entre -0,5 e 0,5 apresentou as menores temperaturas operativas, com predominância de votos no período noturno. Observa-se que as maiores temperaturas foram registradas no período matutino (Figura 18).

Figura 18: VST X PMV por turno e To.



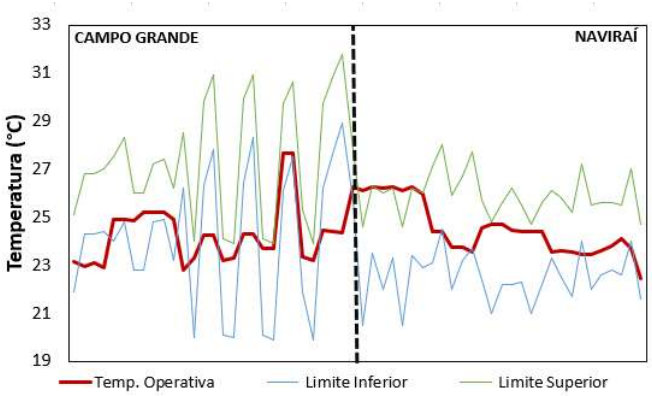
Fonte: os autores

Comparando o *Actual Percentage of Dissatisfied* - APD, com o PPD, ambos em função do PMV, observa-se que em 45,44% dos casos o PPD estimado foi superior ao fornecido pelo APD e em 47,78% dos casos foi inferior. É importante ressaltar que ao se analisar a APD, foi relatado conforto por 93,22% dos usuários, mesmo aqueles com PMV entre +0,86 e -1,92.

A Figura 19 apresenta os votos que relataram desconforto térmico, relacionando a temperatura operativa no momento da resposta, com os limites superior e inferior da zona de conforto. Em 34,48% dos registros a To encontrava-se fora dos limites da zona de conforto definidos pela *Standard* 55 [19], nestes casos, todos os respondentes gostariam de estar mais aquecidos.

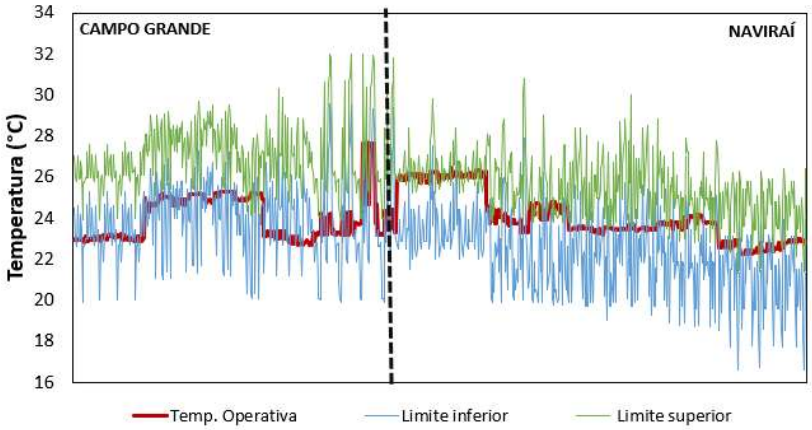
Os votos que relatam o conforto térmico são apresentados na Figura 20. Observa-se que 43% dos votos encontravam-se fora dos limites inferior e superior da zona de conforto definidos pela *Standard* 55 [19], entretanto, a sensação de conforto térmico foi registrada em todos os casos. A sensação térmica no momento do voto era de neutralidade em 51,84% dos casos, seguida por levemente com frio 31,11%, o que indica uma preferência dos usuários por ambientes neutros e levemente frios.

Figura 19: To dos votos de desconforto térmico e os limites superiores e inferiores da zona de conforto.



Fonte: autores.

Figura 20: To dos votos de conforto térmico em e os limites superiores e inferiores da zona de conforto.



Fonte: autores.

Considerando as condições térmicas aceitáveis pela *Standard* 55 para ambientes condicionados artificialmente, a aceitabilidade térmica predita foi de 57,24% durante a operação do ar-condicionado. Considerando os três pontos centrais da escala sétima de sensação térmica como condições aceitáveis, a aceitabilidade térmica predita é de 85,51%. A aceitabilidade térmica real das pessoas foi de 96,96%.

CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa demonstram que os usuários aceitaram abrangentes faixas de condições térmicas, e que as estreitas faixas de aceitabilidade da *Standard* 55 [19] previram condições inaceitáveis, quando, na verdade, elas foram aceitáveis pelos ocupantes dos espaços analisados. Este resultado coincide com os de pesquisas que compararam PPD e APD [25] [26] [27].

Com base nos dados apresentados, o PMV superestimou as sensações de frio e calor dos usuários, e o PPD não estimou corretamente a porcentagem de insatisfeitos termicamente.

Uma possível explicação para o fato dos usuários se sentirem confortáveis quando a ASHRAE 55 [19] previu o desconforto é a possibilidade de se exceder os limites propostos pela zona de conforto por meio do ajustes na vestimenta dos usuários [28].

Foi possível identificar diferentes sensações térmicas e condições de adaptação na amostra analisada, o que demonstra que, não levar em conta aspectos fisiológicos e ambientais ao se analisar as sensações térmicas humanas pode não ser adequado.

Os relatos de desconforto térmico por frio, mesmo ao considerarmos temperaturas externas mais amenas do que normalmente são para a região, dão indícios de um possível superdimensionamento dos aparelhos de ar-condicionado instalados (e até mesmo da operação desnecessária dos mesmos em determinados momentos); o que além de se mostrar ineficiente termicamente é inadequado do ponto de vista da eficiência energética.

Os resultados demonstram a necessidade do desenvolvimento desse tipo de pesquisa no país, que, até o momento não conta com regulamentações coerentes que tratem de conforto térmico humano.

Por fim, conclui-se que com base na mostra analisada, não há evidências para justificar a estreita faixa de PMV (entre -0,5 e +0,5), e consequentemente PPD, recomendadas pela ASHRAE 55 [19] para ambientes climatizados artificialmente nos climas e com o público questão.

SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Para entendimento das questões relacionadas ao conforto térmico humano na Região, sugere-se que, sejam realizados experimentos em salas ventiladas naturalmente e/ou com o uso de ventiladores e/ou ar – condicionado, com diferentes amostras. Além da coleta de dados durante o inverno, que é um período crítico e peculiar de temperaturas nas cidades, caracterizado por um inverno frio e com baixa umidade do ar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

[1] DASCALAKI, E. G.; SERMPETZOGLOU, V. G. Energy performance and indoor environmental quality in Hellenic schools. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 2–3, p. 718–727, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.11.017

[2] International Energy Agency. **The Future of Cooling: Opportunities for energy-efficient air conditioning. The Future of Cooling: Opportunities**. França, 2018.

[3] Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2021: Ano base 2020**. Rio de Janeiro, 2021.

[4] Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016**. Rio de Janeiro, 2017.

[5] KEITH, S. W. et al. Putative contributors to the secular increase in obesity: Exploring the roads less traveled. **International Journal of Obesity**, v. 30, n. 11, p. 1585–1594, jun. 2006. DOI: https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803326

[6] JACOBS, D. E.; WILSON, J.; DIXON S.L.; SMITH J.; EVENS, A. The relationship of housing and population health: A 30-year retrospective analysis. **Environmental Health Perspectives**, v. 117, n. 4, p. 597–604, dec. 2009. DOI: https://doi.org/10.1289%2Fehp.0800086.

[7] KINGMA, B.; FRIJNS, A.; LICHTENBELT, W. V. M. The thermoneutral zone: Implications for metabolic studies. **Frontiers in Bioscience-Elite**, v.4, p. 1975–1985, jan. 2012. DOI: https://doi.org/10.2741/518.

[8] ZHANG, H.; ARENS, E.; ZHAI, Y. A review of the corrective power of personal comfort systems in non-neutral ambient environments. **Building and Environment**, v. 91, p. 15–41, sep. 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.03.013.

[9] GUEVARA, G.; SORIANO, G.; MINO-RODRIGUEZ, I. Thermal comfort in university classrooms: An experimental study in the tropics. **Building and Environment**, v. 187, p. 107430, jan. 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107430.

[10] JOWKAR, M.; DE DEAR, R.; BRUSEY, J. Influence of long-term thermal history on thermal comfort and preference. **Energy and Buildings**, v.210, n.1, mar. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109685.

[11] RUPP, R. F.; KIM, J.; DE DEAR, R.; GHISI, E. Associations of occupant demographics, thermal history and obesity variables with their thermal comfort in air-conditioned and mixed-mode ventilation office buildings. **Building and Environment**, v. 135, n.1, p. 1–9, may. 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.049.

[12] SCHELLEN, L.; LICHTENBELT W. D. V. M.; LOOMANS M. G. L. C.; TOFTUM, J.; WIT DE, M. H. Differences between young adults and elderly in thermal comfort, productivity, and thermal physiology in response to a moderate temperature drift and a steady-state condition. **Indoor Air**, v. 20, n. 4, p. 273–283, 2010. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2010.00657.

[13] RAMOS, G. et al. Adaptive behavior and air conditioning use in Brazilian residential buildings. **Building Research and Information**, v. 49, n. 5, p. 496-511, Aug. 2020. DOI: https://doi.org/10.1080/09613218.2020.1804314.

[14] TREBILCOCK, M.; SOTO-MUÑOZ, J.; YAÑEZ, M.; SAN MARTIN, R. The right to comfort: A field study on adaptive thermal comfort in free-running primary schools in Chile. **Building and Environment**, v. 114, p. 455–469, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.036.

[15] KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259–263, jul. 2006. DOI: https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130.

[16] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/normais. Acesso em: 20 maio 2022.

[17] CLIMATE DATA. **Dados Climáticos Para Cidades Mundiais**. Disponível em: https://pt.climate-data.org/. Acesso em: 20 maio 2022.

[18] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726**: Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities. Suíça, 1998.

[19] THE AMERICAN SOCIETY OF HEATING. **ASHRAE 55**: Thermal environmental conditions for human occupancy. Estados Unidos da América, 2020.

[20] SILVA, A. S.; LAMBERTS, R.; GHISI, E. Performance evaluation of long-term thermal comfort indices in building simulation according to ASHRAE Standard 55. **Building and Environment**, v. 102, p. 95-115, jun. 2016.

[21] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10551**, Ergonomics of the physical environment — Subjective judgement. Suíça, 2019.

[22] 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. Suíça, 2015.

[23] GOOGLE INC. **Google Forms**. Disponível em: https://www.google.com/intl/pt-BR/forms/about/. Acesso em: 20 maio 2022.

[24] FANGER, O. **The Influence of Certain Special Factors on the Application of the Comfort Equation.** 1. Ed. New York: McGraw-Hill Co, 1970.

[25] LAMBERTS, R. et al **Towards a Brazilian Standard on Thermal Comfort 2013**. Disponível em:<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Towards_a_Brazilian_Standard_Complete_Version.pdf >. Acesso em: 05 ago. 2022.

[26] RUPP, R.F.; GHISI, E. Predicting Thermal Comfort in Office Buildings in a Brazilian Temperate and Humid Climate. **Energy and Buildings**, v. 144, p. 152-166, 2017.

[27] HWANG, R.-L. et al Additive Model for Thermal Comfort Generated by Matrix Experiment Using Orthogonal Array. **Building and Environment**, v. 44, n. 8, p. 1730-1739, 2009.

[28] DE VECCHI, R.; LAMBERTS, R.; CANDIDO, C. M. The role of clothing in thermal comfort: how people dress in a temperate and humid climate in Brazil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 69-81, jan./mar. 2017.