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

ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DE ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS QUANDO SUBMETIDOS À VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR

Ruan Eduardo C. Lucas (1); Erivaldo L. de Souza (2); Luiz Bueno da Silva (3)
(1) Engenheiro de Produção, Mestrando em Engenharia de Produção, ruaneduardo94@gmail.com
(2) Engenheiro de Produção, Mestre em Engenharia de Produção, elopesouza@gmail.com
(3) PhD, Professor do Departamento de Engenharia de Produção, bueno@ct.ufpb.br
Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia de Produção, Laboratório de Análise do Trabalho, Conjunto Pres. Castelo Branco III, João Pessoa-PB, 58033-455

RESUMO
Os ambientes de ensino são locais em que os estudantes e professores consomem grande parte da sua rotina diária, além disso as condições térmicas existentes influenciam na percepção de conforto e podem impactar no desempenho. Tal situação, indica a necessidade de avaliação das condições térmicas desses locais em busca da otimização ambiental. Diante disso, o objetivo geral desse trabalho é avaliar o conforto térmico de estudantes universitários em um ambiente de ensino com "Video Display Terminal – VDT" localizado na cidade João Pessoa quando submetidos à variação da temperatura do ar. Além disso, visa compreender estatisticamente como a variação da temperatura do ar impacta na percepção térmica dos ocupantes; e por fim, estimar uma zona de conforto com base nas respostas dos usuários. Para isso, desenvolveu-se um experimento realizado em três dias, em que foram propostas três condições mediante fixação da temperatura do ar: desconforto por frio; conforto; e desconforto por calor. Nos dias em que a pesquisa foi conduzida, foram avaliadas as variáveis ambientais (temperatura e umidade do ar, temperatura radiante e velocidade do vento) para estimação da sensação térmica por meio do uso do índice preditivo "Predicted Mean Vote – PMV". Posteriormente, os dados foram tabulados e utilizou-se modelos lineares generalizados para avaliar a influência da temperatura do ar na percepção térmica; o teste Wilcox e intervalo de confiança para estimar a zona de conforto com base na percepção térmica dos usuários. Por meio da análise dos resultados foi possível perceber que o índice normativo (PMV) não foi capaz de predizer a percepção térmica dos usuários. Além disso, identificou-se que o aumento de 1°C na temperatura do ar fez com que a chance de sentir desconforto aumentasse em 18,20%. Por fim, a zona de conforto estimada variou no entorno de 23°C.
Palavras-chave: conforto térmico, percepção térmica, estudantes universitários.

ABSTRACT
Teaching environments are places where students and teachers consume much of their daily routine, and existing thermal conditions influence the perception of comfort and can impact performance. This situation indicates the need to evaluate the thermal conditions of these sites in search of environmental optimization. Therefore, the general objective of this work is to evaluate the thermal comfort of university students in a teaching environment with Video Display Terminal - VDT located in the city of João Pessoa when submitted to the variation of air temperature. In addition, it aims to understand statistically how the variation of the air temperature impacts on the thermal perception of the occupants; and finally, to estimate a zone of comfort based on the users' responses. For this, an experiment was carried out in three days, in which three conditions were proposed by fixing the air temperature: cold discomfort; comfort; and heat discomfort. On the days that the research was conducted, the environmental variables (temperature and humidity of the air, radiant temperature and wind velocity) were evaluated for the estimation of the thermal sensation using the Predicted Mean Vote (PMV) index. Subsequently, the data were tabulated and generalized linear models were used to evaluate the influence of the air temperature on the thermal perception; the Wilcox test and confidence interval to estimate the comfort zone based on users' thermal perception. Through the analysis of the results it was possible to notice that the normative index (PMV) was not able to predict the thermal

perception of the users. In addition, it was identified that the 1 ° C increase in air temperature caused the chance of discomfort to increase by 18.20%. Finally, the estimated comfort zone varied around 23°C.
Keywords: thermal comfort, thermal perception, university students.

1. INTRODUÇÃO

O mundo contemporâneo é marcado pela rotina dinâmica das pessoas, incumbidas de realizarem suas tarefas diárias em diferentes ambientes fechados. Tais ambientes apresentam diferenças arquitetônicas, que vão desde variações estruturais até o tipo de sistema de ventilação utilizado.

As características do sistema de ventilação são componentes muito importantes, pois, quando inadequados, não suprem as necessidades básicas e podem proporcionar condições insatisfatórias aos ocupantes do espaço.

Corroborando o exposto acima, Conceição e Lúcio (2011) indicam que a qualidade térmica de ambientes fechados pode influenciar significativamente na saúde e no conforto humano. Logo, a qualidade ambiental interna pode ser considerada um fator importante para a saúde, conforto e desempenho das populações, já que diversas atividades são exercidas em ambientes construídos onde as pessoas passam o seu maior tempo (WARGOCKI, 2015).

Esse fator torna-se ainda mais importante quando se trata do âmbito educacional, pois, comprovou-se ao longo dos anos que condições térmicas insatisfatórias ocasionam desconforto térmico, repercutindo no desempenho e influenciando negativamente o processo de ensino aprendizagem (JIANG *et al*., 2018; ZOMORODIAN, TAHSILDOOST e HAFEZI, 2016).

Além da influência comprovada no desempenho, outro fator importante é o tempo de permanência nesses ambientes, pois, excluindo os ambientes residenciais, são os lugares que professores e alunos passam mais tempo em comparação com qualquer outro ambiente fechado, fazendo com que seja o ambiente interno mais importante a ser estudado (RUFO *et al*., 2016; YOON *et al.,* 2011).

No âmbito educacional os ambientes de ensino inteligente ou ambientes com *Video Display Terminals* (VDT) vêm ganhando destaque. Essa nomenclatura é originária das características desses locais, que segundo Lucas e Silva (2017) são espaços de aprendizagem que dispõem de aparatos tecnológicos (computadores, data show, entre outros) que auxiliam no processo de ensino aprendizagem.

Esses ambientes não trazem apenas benefícios, pois segundo Siqueira (2015), os ambientes que possuem recursos tecnológicos apresentam novas fontes de calor, necessitando assim de uma investigação mais detalhada acerca das condições térmicas nesses ambientes.

2. OBJETIVO

Avaliar o conforto térmico de estudantes universitários em um ambiente de ensino com VDT localizado na cidade João Pessoa quando submetidos à variação das condições ambientais. Como objetivos específicos, visa compreender numericamente como a variação da temperatura do ar impacta na percepção térmica dos ocupantes, bem como estimar a zona de conforto térmico com base nas respostas dos usuários.

3. MÉTODO

A metodologia adotada está dividida em quatro etapas.

3.1 Características gerais do ambiente

O ambiente analisado pertence a uma faculdade privada localizada na cidade de João Pessoa, Estado da Paraíba, região nordeste; com área de 76,44 m²; ocupado por 12 bancadas com 3 computadores cada, totalizando 36 postos de trabalho; há um sistema de climatização tipo Split; a iluminação é artificial; e possui duas janelas com proteções na cor preta que impedem o fluxo da energia solar e da iluminação natural.

A Figura 1 retrata o layout desse ambiente e o Quadro 1 uma análise genérica dos componentes existentes e seus respectivos tipos de materiais identificados.

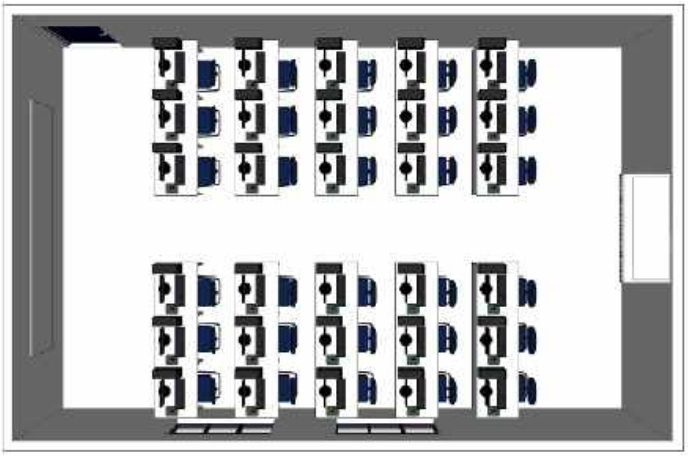

Figura 1 – Layout do ambiente analisado.

Quadro 1 – Componentes existentes e seus respectivos materiais

Componente do Ambiente	Material
Cobertura	Telha de fibrocimento
Estrutura da coberta	Madeira
Forro	Laje de concreto, pintada na cor branca
Estrutura da sala	Concreto aparente, pintado de bege
Vedação das salas	Tijolo cerâmico vazado
Esquadrias	Madeira e vidro incolor comum, pintado de preto
Revestimento externo da vedação	Argamassa, pintada de branco
Revestimento interno da vedação	Argamassa, pintada de branco
Revestimento do piso	Cerâmica

3.2 Procedimentos do experimento

Para obtenção dos dados foi desenvolvido um experimento realizado em três dias consecutivos. Em cada dia foi aplicada uma condição térmica mediante fixação da temperatura do ar dos aparelhos de ar-condicionado. Logo, simularam-se três situações: desconforto por frio, conforto, e desconforto por calor.

O ajuste da temperatura para cada situação foi baseado na norma ISO 7730/2005. Essa norma indica que uma temperatura entre 22° e 24°C pode propiciar o conforto térmico, enquanto que valores abaixo desse intervalo tendem a propiciar o desconforto por frio; e acima, desconforto por calor. Logo, visando simular as três situações mencionadas anteriormente, manipulou-se a temperatura do ar para 20° C; 24° C; e 30°C. Destaca-se ainda, que essa variação de temperatura também foi utilizada no procedimento metodológico de outras pesquisas (LAN, LIAN, e PAN 2010; LAN, WARGOCKI, e LIAN 2011; SIQUEIRA, 2015).

Nos três dias, os estudantes chegaram 30 minutos antes do início da coleta, procedimento necessário para que ocorresse a estabilização da temperatura corporal e se aclimatassem com as condições ambientais propostas. Além disso, em cada dia eles utilizaram os computadores para acessar os questionários através da ferramenta on-line para *Survey* "QUALTRICS". Paralelamente, enquanto os estudantes respondiam os questionários as variáveis térmicas estavam sendo aferidas.

3.2.1 Aferição das variáveis térmicas

Para aferição das variáveis térmicas utilizou-se o medidor de estresse térmico TGD 300 e a estação microclimática BABUC A. Tais aparelhos estavam devidamente calibrados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Rio Grande do Norte (RN) e atendiam às exigências da Norma ISO 7726 (1998).

Os equipamentos foram posicionados e instalados no centro do ambiente, em altura compatível a posição do ombro dos participantes que estavam utilizando os computadores. Esses equipamentos foram

instalados cerca de 30 minutos antes do início da coleta para que estabilizassem diante das condições do ambiente. Além disso, os referidos instrumentos foram programados para registrar os dados das variáveis a cada minuto, abrangendo variáveis como: Temperatura do ar (°C), Temperatura de bulbo úmido (°C), Temperatura de globo (°C), Temperatura radiante média (°C), Umidade relativa do ar (%) e Velocidade do ar (m/s).

3.2.2 Aferição da percepção térmica

A avaliação da percepção térmica abrangeu três variáveis: (I) sensação térmica; (II) desejo térmico; e (III) percepção de conforto térmico (Figura 2). As questões foram baseadas nas escalas de sete pontos de percepção e preferência conforme as normas ISO 10551 (1995) e ASHRAE 55 (2013) e estão indicadas na Figura 2.

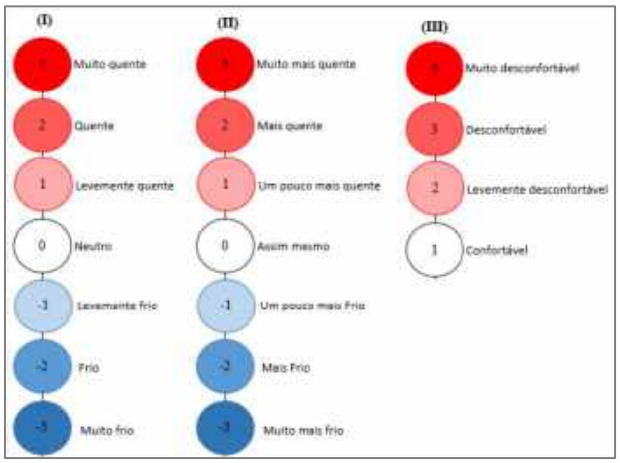

Figura 2 – Escalas utilizadas na avaliação da percepção térmica.

3.3 Amostra

A amostra era composta por estudantes universitários das ciências exatas. O número amostral foi de 86 indivíduos, sendo aproximadamente 61,3% do sexo masculino e 38,8% do sexo feminino (Figura 4). A faixa etária predominante variava entre 18 e 24 anos (Figura 3). O índice de massa corporal da maioria dos indivíduos estava dentro da faixa de peso normal (Figura 5).

Os indivíduos entrevistados foram os mesmos nos três dias do experimento. Em cada dia, após o processo de aclimatação e estabilização corporal com as condições ambientais foi aplicado o questionário de avaliação térmica.

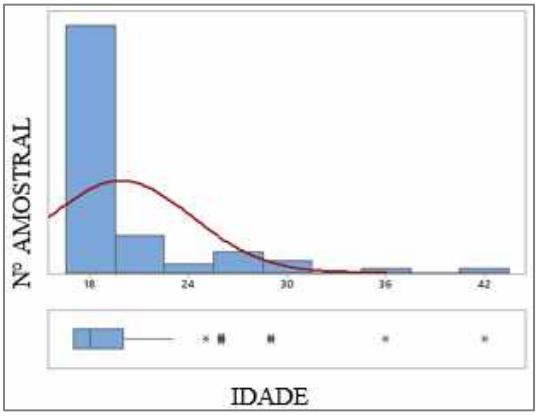

Figura 3 – Variação de idade da amostra.

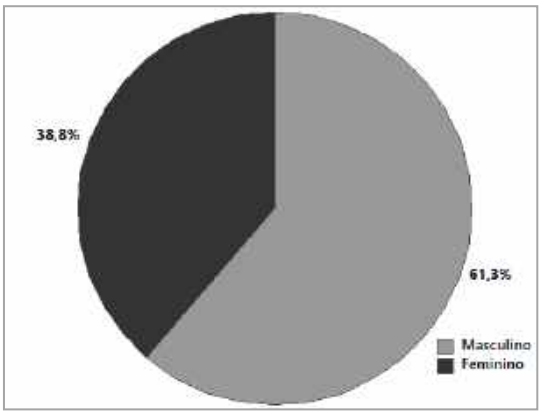

Figura 4 – Percentual de indivíduos por sexo.

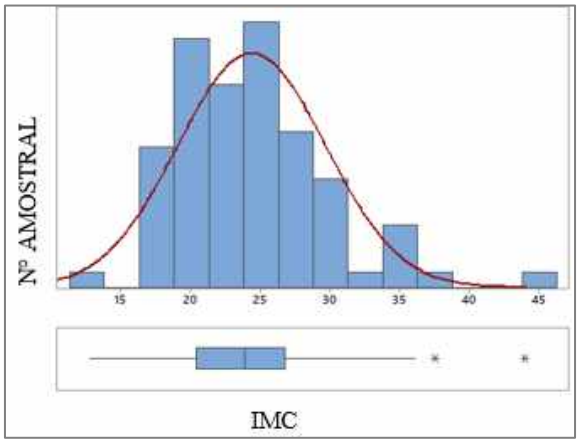

Figura 5 – Variação do índice de massa corporal da amostra (IMC).

3.4 Análise dos dados

Os dados obtidos na aferição das variáveis ambientais e das percepções térmicas foram tabulados através do programa Microsoft Excel® de acordo com o respectivo dia. Nesse software organizou-se as variáveis, e calculou-se os índices normativos estipulados pela ISO 7730/2005.

Os índices utilizados pela referida norma são o "Predicted Mean Vote – PMV" e o "Predicted Percentage Dissatisfied – PPD", que foram desenvolvidos por Fanger (1972) e podem ser calculados conforme mostra as Equações 1 e 2.

O principal deles é o PMV, que pode ser traduzido para o português como sendo o Voto Médio Estimado, que prevê a sensação térmica das pessoas presentes em um dado ambiente de acordo com a escala de sensação térmica de sete pontos (DJONGYANG *et. al.,* 2010).

$$PMV = (0.303e^{-0,036*M} + 0.028)*[(M-W) - 3.05*\{5,73 - 0,007*(M-W) - Pa\} - 0.42*\{(M-W) - 58.15\} - 0,0173*M*(5,87 - Pa) - 0.0014*M*(34 - t_a) - 3.96x10^{-8}*f_{cl}*\{t_{cl} + 274)^4 - (t_r + 273)^4\} - f_{cl}*h_c*(t_{cl} - t_a)] \quad \text{Equação 1}$$

$$PPD = 100 - 95*\exp(-0,03353*PMV^4 - 0,2179*PMV^2) \quad \text{Equação 2}$$

Na sequência, utilizando o software estatístico R-Project 3.3.1 utilizou-se a razão da chance, parâmetro oriundo da aplicação dos modelos lineares generalizados para compreender a influência da variação da temperatura do ar na percepção térmica. Por fim, estimou a zona de conforto preliminar com base nas respostas dos usuários.

3.4.1 Influência da variação da temperatura do ar na percepção térmica

A aplicabilidade de um modelo linear necessita que a variável dependente apresente uma distribuição normal. Tal situação, restringe a aplicabilidade e torna necessário a generalização desse modelo, fazendo

com que surja os Modelos Lineares Generalizados.

Os Modelos Lineares Generalizados permitem relacionar variáveis por diferentes funções. A função mais utilizada é a Logit, que associada a distribuição binomial resulta no modelo de regressão logística, que pode ser expresso pela Equação 3.

$$\text{CHANCE}(Y = 1) = \text{Constante} \,.\, (\text{OR}_1)^{X_1} . (\text{OR}_2)^{X_2} \ldots . (\text{OR}_n)^{X_n} \qquad \text{Equação 3}$$

O modelo de regressão logística pode ser facilmente interpretado por meio da razão da chance (OR_n), que indica o quanto a variação de uma unidade na variável independente implica na chance de ocorrer um evento descrito pela variável dependente.

Logo, utilizou-se modelos de regressão logística para identificar a chance de ocorrência de três eventos: (1) Influência da temperatura do ar (variável independente) na percepção de conforto (dicotômica, dependente); (2) Influência da temperatura do ar (variável independente) na sensação térmica (multinomial – frio, neutralidade, calor – dependente); e (3) Influência da temperatura do ar (variável independente) no desejo térmico (multinomial – frio, neutralidade, calor -, dependente).

As razões da chance aqui apresentadas foram originadas de modelos previamente aprovados em uma série de diagnósticos, como análises das funções de ligação e variância; verificação da distribuição da variável resposta e análise de resíduos. Esses diagnósticos permitiram que fossem obtidos modelos adequados.

3.4.2 Estimação da faixa preliminar de conforto

A estimação da faixa preliminar de conforto foi dividida em duas etapas. Primeiramente, utilizou-se o teste Wilcox para avaliar a seguinte hipótese: "Não existe relação entre a sensação de neutralidade térmica (Neutro) e a temperatura do ar".

Posteriormente, diante da rejeição da hipótese apresentada anteriormente foi possível adentrar na segunda etapa. Logo, tomando como base as respostas dos indivíduos que indicaram a sensação de neutralidade térmica e a respectiva temperatura do ar no momento da realização do experimento, estimou-se a faixa preliminar de conforto a partir do intervalo de confiança com nível de confiança de 95%.

4. RESULTADOS

Os resultados estão divididos em quatro etapas.

4.1 Descrição das variáveis ambientais

O primeiro tópico dos resultados apresenta as condições das variáveis ambientais no momento da realização do experimento. Conforme mostra a Tabela 1, as variáveis apresentadas são: Temperatura do ar (°C); Temperatura radiante média (°C); Umidade relativa do ar (%); e Velocidade do ar (m/s).

Tabela 1 – Dados ambientais

	Temperatura do ar (°C)	Temperatura radiante média (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Velocidade do ar (m/s)
Dia 1	Média = 20,32	Média = 22,10	Média = 42,31	Média = 0,1
Dia 2	Média = 23,40	Média = 23,62	Média = 49,03	Média = 0,1
Dia 3	Média = 28,75	Média = 28,82	Média = 58,22	Média = 0,1

4.2 Análise da sensação térmica predita pelo PMV

A Figura 6 indica a variação do índice PMV para os três dias. No primeiro dia, em que foi proposto a menor temperatura, observou-se que a concentração dos dados ficou aproximadamente entre $-1{,}5 \leq PMV \leq -1$. Para o segundo dia, em que foi proposta a temperatura de conforto, a variação dos dados ficou no entorno de PMV= -0,5. Por fim, no dia em que foi proposto a maior temperatura a concentração dos valores ficou aproximadamente entre $0{,}5 \leq PMV \leq 1$.

A zona de conforto é definida no intervalo quando a percepção térmica varia entre $-0{,}5 \leq PMV \leq 0{,}5$ pois nessa condição, segundo Fanger (1972), existem no máximo 10% de pessoas insatisfeitas dentro do

ambiente térmico. Utilizando esse parâmetro como análise, considera-se que apenas o segundo dia estava dentro da faixa de conforto térmico.

O resultado mencionado anteriormente foi comprovado pelo outro índice normativo. O PPD ou percentual de pessoas insatisfeitas foi de 23,8% no primeiro dia; 9,52% no segundo dia; e 37,08% no terceiro dia. Ou seja, apenas o segundo dia apresentou o percentual de pessoas insatisfeitas tido como recomendável.

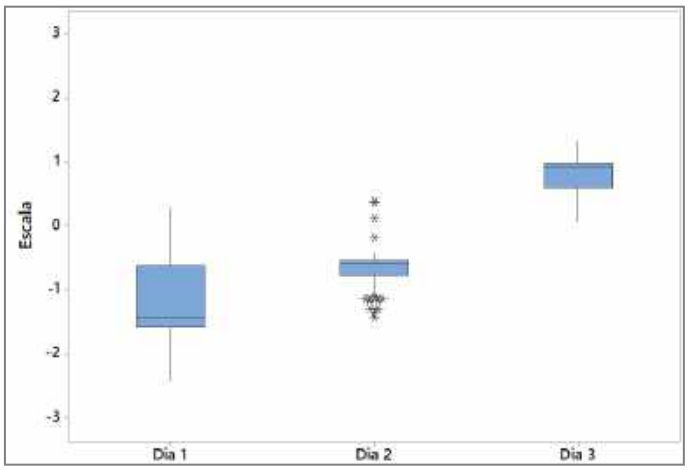

Figura 6 – Variação do índice PMV nos três dias.

4.3 Análise da percepção térmica

Para facilitar a análise geral da percepção térmica foi desenvolvida a Tabela 2, que expressa os percentuais de conforto e sensação térmica. Com relação a percepção de conforto, observou-se para o primeiro dia que aproximadamente 51,85% indicaram o estado de conforto, enquanto que 48,15% indicaram desconforto. No segundo dia, observou-se que cerca de 54% estavam confortáveis, enquanto 46% estavam desconfortáveis. No terceiro dia apenas 23,08% indicaram o estado de conforto, enquanto 76,92% estavam desconfortáveis com as condições existentes.

A outra variável analisada foi a sensação térmica e também está expressa na Tabela 2. Para o primeiro dia prevaleceu a sensação de que o ambiente estava levemente frio; para o segundo dia predominou a sensação de neutralidade térmica, enquanto que no último dia prevaleceu a sensação de que o ambiente estava levemente quente.

Tabela 2 – Percentuais de conforto e sensação térmica.

CONFORTO TÉRMICO					
Menor temperatura		**Temperatura intermediária**		**Maior temperatura**	
Confortável	**Desconfortável**	**Confortável**	**Desconfortável**	**Confortável**	**Desconfortável**
51,85%	48,15%	53,85%	46,15%	23,08%	76,92%
SENSAÇÃO TÉRMICA					
Menor temperatura		**Temperatura intermediária**		**Maior temperatura**	
Levemente frio (48%)		Neutro (68%)		Levemente quente (38,5%)	

A avaliação da sensação térmica permite fazer uma comparação com os valores do índice PMV. Essa comparação possibilita identificar se o referido índice está compreendendo de forma precisa a sensação térmica dos ocupantes.

A Figura 7 apresenta as sensações identificadas e os índices PMV calculados nos três dias. A cor azul apresenta as sensações térmicas obtidas para o dia 1, dia de menor temperatura; a cor verde indica as sensações obtidas para o dia 2, dia em que foi proposta a temperatura de conforto; e a cor vermelha indica as

sensações obtidas para o dia 3, em que foi proposta a temperatura mais alta; além disso, a cor preta representa os valores do índice PMV para cada dia.

A primeira análise que se extrai da Figura 7 é que o índice PMV não conseguiu compreender perfeitamente a sensação térmica dos estudantes, ou seja, foram poucos os pontos em que essas duas variáveis seguiram uma tendência similar. Outro ponto que chama a atenção foram as discrepâncias encontradas no segundo e no terceiro dia. Em ambos os casos o índice normativo subestimou a sensação térmica dos usuários, ou seja, previu uma sensação abaixo do que realmente foi indicado pelos estudantes. Essa situação ficou explicita no terceiro dia, enquanto o índice normativo indicou que a sensação predominante seria a de levemente quente, grande parte dos estudantes avaliaram o ambiente como muito quente.

Os resultados diagnosticados anteriormente também foram identificados por outros autores, como Yang *et. al.* (2015), quando explanam que o PMV pode superestimar a sensação térmica dos indivíduos em um ambiente termicamente controlado. Além deles, Mors (2011) indica que os limites normativos subestimam a sensação térmica e preveem temperaturas mais confortáveis do que as declaradas pelos ocupantes.

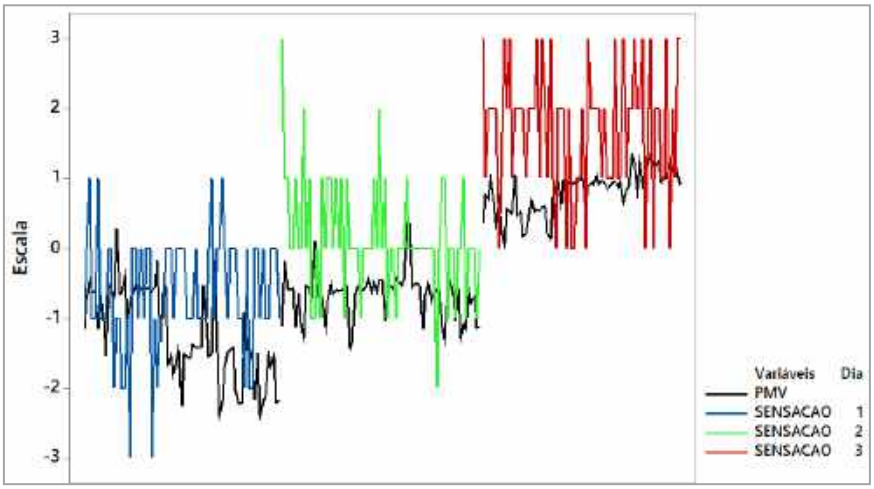

Figura 7 – Comparação entre a sensação térmica e o índice PMV.

4.4 Análise estatística da influência da temperatura do ar na percepção térmica

Com a metodologia proposta foi possível identificar um possível comportamento da percepção térmica mediante a variação de temperatura.

O primeiro modelo desenvolvido analisou o comportamento da percepção de conforto térmico mediante variação de 1° C na temperatura do ar. Conforme mostra a Tabela 3, o aumento da temperatura do ar em 1°C fez com que a chance de sentir desconforto aumentasse em aproximadamente 18,20%.

Tabela 3 – Dados do modelo 1

MODELO 1			
Teste Z (valor-p)	**PseudoR2**	**Razão da chance**	**Chance de sentir desconforto aumenta em:**
0,000197	0,478	0,8179	18,20%

O segundo modelo desenvolvido analisou o comportamento da sensação térmica mediante variação de 1° C na temperatura do ar. Conforme mostra a Tabela 4, o aumento da temperatura do ar em 1°C fez com que a chance de sentir o ambiente quente aumentasse em aproximadamente 82,10%.

Tabela 4 – Dados do modelo 2

MODELO 2			
Teste Z (valor-p)	**PseudoR2**	**Razão da chance**	**Chance de sentir o ambiente quente aumenta em:**
0,0001	0,452	1,820	82,10%

O terceiro modelo desenvolvido analisou o comportamento do desejo térmico mediante variação de 1° C na temperatura do ar. Conforme mostra a Tabela 5, o aumento da temperatura do ar em 1°C fez com que a chance de desejar o ambiente mais frio aumentasse em aproximadamente 49,52%.

Tabela 5 – Dados do modelo 3

MODELO 3			
Teste Z (valor-p)	**PseudoR2**	**Razão da chance**	**Chance de querer o ambiente mais frio aumenta em:**
0,0001	0,491	0,4952	49,52%

4.5 Estimação da zona de conforto

A partir das percepções de conforto e desconforto foi possível identificar a faixa preliminar de temperatura confortável para a respectiva amostra. Logo, identificou-se o intervalo de conforto como sendo 23.07° ≤ Temperatura do ar ≤ 23.28°.

5. CONCLUSÕES

O objetivo desse trabalho foi avaliar o conforto térmico de estudantes universitários em um ambiente de ensino com VDT localizado na cidade João Pessoa quando submetidos à variação da temperatura do ar. Além disso, como objetivos específicos procurou compreender estatisticamente como a variação da temperatura do ar impactava na percepção térmica dos ocupantes; e por fim, se propôs a estimar uma zona de conforto com base nas respostas dos usuários.

No que tange a avaliação normativa, identificou-se que o índice PMV expresso pela ISO 7730/2005 subestimou a sensação térmica dos indivíduos, ou seja, previu uma sensação térmica inferior ao que foi realmente indicada pelos estudantes. Essa constatação não é uma surpresa, pois vai de encontro aos resultados encontrados na literatura. Entretanto, abre margem para discutir se o referido índice consegue prever perfeitamente a sensação térmica dos indivíduos.

Um dos objetivos específicos era compreender como a variação da temperatura do ar impactava na percepção térmica. Essa compreensão pode ser entendida como a principal contribuição desse trabalho, pois diminui a subjetividade e traz indícios empíricos mediante utilização de modelos estatísticos.

Logo, identificou-se que para a referida amostra o aumento em 1°C da temperatura do ar fez com que a chance de sentir desconforto aumentasse em 18,20%; a chance de sentir o ambiente mais quente aumentasse em 82,10%; e a chance de querer o ambiente mais frio aumentasse em 49,52%. Esse resultado torna-se ainda mais relevante quando associado a zona de conforto encontrada, que ficou no entorno de 23°C (23.07°≤ Temperatura do ar ≤ 23.28°).

Diante do exposto, observa-se que conhecer a zona de conforto e compreender como a variação da temperatura do ar influência na percepção térmica é de extrema relevância no estudo do conforto térmico. Pois, se a temperatura proposta estiver distante da zona de conforto, provavelmente os indivíduos sentirão o ambiente mais quente, aumentando o desconforto térmico, podendo repercutir no desempenho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONCEIÇÃO, E. Z. E.; LÚCIO, M. M. J. R. Evaluation of thermal comfort conditions in a classroom equipped with radiant cooling systems and subjected to uniform convective environment. **Applied Mathematical Modelling**, v. 35, n. 3, p. 1292–1305, 2011.

DJONGYANG, N.; TCHINDA, R.; NJOMO, D. Thermal comfort: A review paper. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 9, p. 2626–2640, 2010.

FANGER, P. O. ***Thermal comfort.*** McGraw-Hill, New York,1972.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726:** Ergonomics of the thermal environment – instruments for measuring physical quantities. Genebra, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730:** Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Genebra, 2005.

JIANG, J. et al. A study on pupils' learning performance and thermal comfort of primary schools in China. **Building and Environment**, v. 134, p. 102–113, 15 abr. 2018.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto térmico e stress térmico**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

LAN, L.; LIAN, Z.; PAN, L. The effects of air temperature on office workers' well-being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings. **Applied Ergonomics**, v. 42, n. 1, p. 29–36, 2010.

LAN, L.; WARGOCKI, P.; LIAN, Z. Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort. **Energy and Buildings**, vol. 43, n.5, p. 1057 - 1062.

LUCAS, Ruan Eduardo Carneiro; SILVA, Luiz Bueno. Conforto ambiental em sala de aula: análise da percepção térmica dos estudantes de duas regiões e estimação de zonas de conforto. **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC, v.17, n. 3, p. 804-827, 2017.

MORS, S. TER; HENSEN, J. L. M.; LOOMANS, M. G. L. C.; BOERSTRA, A. C. Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts. **Building and Environment**, v. 46, n. 12, p. 2454–2461, dez. 2011.

RUFO, J. C.; MADUREIRA, J.; PACIÊNCIA, I.; AGUIAR, L.; TEIXEIRA, J. P.; MOREIRA, A.; FERNANDES, E. O. Indoor air quality and atopic sensitization in primary schools: A follow-up study. **Porto Biomedical Journal**, v. 1, n. 4, p. 142–146, 2016.

SIQUEIRA, J. C. F. **Avaliação de parâmetros cardiovasculares e desempenho cognitivo de estudantes de ambientes inteligentes de ensino submetidos à variação e temperatura do ar.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, 2015.

WARGOCKI, P. What are indoor air quality priorities for energy-efficient buildings? **Indoor and Built Environment**, v. 24, n. 5, p. 579–582, 2015.

ZOMORODIAN, Z. S.; TAHSILDOOST, M.; HAFEZI, M. Thermal comfort in educational buildings: A review article **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2016.

YANG, YU;LI, BAIZHAN;LIU, HONG;TAN, MEILAN;YAO, R. A study of adaptive thermal comfort in a well-controlled climate chamber. **Applied Thermal Engineering**, v. 76, p. 283–291, fev. 2015.

YOON, C.; LEE, K.; PARK, D. Indoor air quality differences between urban and rural preschools in Korea. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 18, n. 3, p. 333–345, 2011.