

ÍNDICE DE PMV E PPD PARA ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO DE RESIDÊNCIA NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

**PAULA ISABELLA DE OLIVEIRA ROCHA^{1*}; VICENTE DE PAULA TEIXEIRA ROCHA²;
VERA SOLANGE DE OLIVEIRA FARIAS³, EMMANUEL EDUARDO VITORINO DE FARIAS⁴**

¹Estudante de graduação, Engenharia Civil CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, paulaiorocha@gmail.com;

²Doutorando de Engenharia Agrícola. CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, vicente.rocha@ufcg.edu.br;

³Dr.^a. em Engenharia de Processos, Prof.^a. Associada, CES, UFCG, Cuité-PB, vera.solange6@gmail.com

⁴Mestre em Engenharia Civil e Ambiental. CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, eduboavista@gmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo principal caracterizar os ambientes de uma Eco residência rural projetada por pesquisadores da UFCG, observando as necessidades climáticas do Semiárido nordestino e dentro do conceito de sustentabilidade. A habitação foi construída no Distrito da Ribeira, pertencente ao município de Cabaceiras, localizada no semiárido paraibano. Para obtenção e armazenamento das variáveis climáticas foram construídas estações meteorológicas a partir de uma placa prototipagem, o arduino, ligado a sensores de obtenção de variáveis climáticas. Os ambientes foram caracterizados a partir dos cálculos efetuados para índices que usam variáveis climáticas associadas a parâmetros individuais, a exemplo do Voto Médio Estimado e Percentual de Pessoas Insatisfeitas. Tendo em vista que os ambientes analisados encontravam-se desocupados, foi feita uma simulação sobre como seria o comportamento e as vestimentas dos habitantes em diversos horários. O estudo aponta para o fato que os ambientes foram classificados como “ligeiramente frio” antes das 8 horas e “ligeiramente quente” no turno vespertino. O conforto ótimo dos ambientes foi alcançado em torno das 9 horas.

PALAVRAS-CHAVE: Índices subjetivos; conforto térmico; parâmetros individuais.

PMV AND PPD INDEX FOR ANALYSIS OF THERMAL COMFORT OF RESIDENCE IN PARAÍBA'S SEMI-ARID REGION

ABSTRACT: The main objective of this work was to characterize the environments of an rural Eco-residence designed by UFCG researchers, observing the climatic needs of the northeastern semi-arid region and within the concept of sustainability. The housing was built in the District of Ribeira, belonging to the municipality of Cabaceiras, located in the semi-arid region of Paraíba. To obtain and store climatic variables, meteorological stations were constructed from a prototyping plate, the arduino, connected to sensors to obtain climatic variables. The environments were characterized from the calculations made for indexes using climatic variables associated with individual parameters, such as the Estimated Average Vote and Percentage of Unsatisfied People. Considering that the analyzed environments were unoccupied, simulations were made on how the behavior and clothing of the inhabitants would be at different times. The study points to the fact that the environments were classified as "slightly cold" before 8 am, and "slightly warm" in the afternoon shift. The optimum comfort of the environments was reached around 9 am.

KEYWORDS: Subjective indexes; thermal comfort; individual parameters.

INTRODUÇÃO

O índice Voto Médio Estimado (PMV) é muito utilizado com o propósito de caracterizar o ambiente adotando como referencial técnico o voto de sensação térmica do usuário. Este índice deve ser complementado pelos dados fornecidos por outro índice, o PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas). Segundo Lamberts et al. (2014), o Voto Médio Estimado (PMV) é um índice que prevê

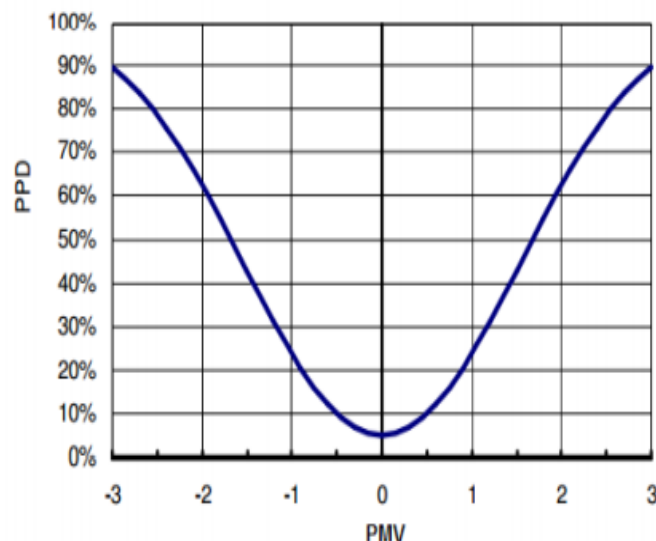
um valor médio de sensação térmica de um grande grupo de pessoas, segundo a escala de 7 pontos, estratificando por aqueles que sentem desconforto por temperatura elevada ou baixa. O PPD é um índice fortemente relacionado com o PMV e institui uma previsão quantitativa da percentagem de pessoas insatisfeitas termicamente com o ambiente, que o entendem “muito frio” ou “muito quente”.

Devido à variação biológica entre as pessoas, é impossível que todos os ocupantes de um ambiente se sintam termicamente confortáveis ao mesmo tempo. O PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) estabelece a quantidade estimada de pessoas insatisfeitas dentro de um ambiente (Lamberts et al., 2014).

Como aponta Vieira (2008), quando o PMV é igual a zero significa que a combinação entre atividade, vestimenta e parâmetros ambientais promove, na média, uma sensação térmica neutra. Para $0 < PMV < 1$ ou $-1 < PMV < 0$, os usuários sentem o recinto como ligeiramente quente ou ligeiramente frio, respectivamente. No caso de PMV na faixa de 1 a 2, os ocupantes do ambiente sentem desconforto classificando o ambiente na categoria quente. Para o PMV que varia de -2 a -1, os ocupantes do espaço sentem desconforto por frio. A escala de sensação térmica que apresenta uma linha graduada variando de -3 até -2 e de 2 até +3 permite uma avaliação termo-ambiental classificado como muito frio ou muito quente, respectivamente.

Pinto (2014) afirma que, para o melhor valor de PMV (zero), tem-se um mínimo de 5% de pessoas insatisfeitas pelo PPD - Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas com a sensação térmica. O aumento do PPD varia de acordo com uma curva representativa para cada valor correspondente de PMV, conforme o gráfico apresentado na Figura 1.

Figura 1- Variação do PPD em função do PMV. Fonte: Pinto (2014)

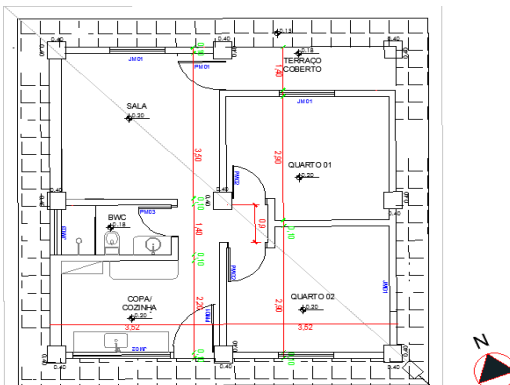


Nesse contexto, o objetivo principal desse trabalho consiste em caracterizar dois ambientes (sala e quarto) de uma Eco residência rural, de acordo com os índices PMV e PPD para três rotinas de manipulação das aberturas de ventilação no período do verão brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A casa em estudo possui uma arquitetura bem atípica, com um pé direito variável, sendo no mínimo de 2,70 m. Apresenta janelas maiores que aquelas costumeiras construídas na região, o que consiste em fatores proporcionadores de maior conforto ambiental sendo, portanto, observado melhor comportamento termo-acústico-lumínico, com boa climatização, melhor iluminação natural. Constaram no projeto e na execução da Eco Residência, as bandeiras móveis sobre as esquadrias de madeira da casa. As bandeiras móveis têm altura de 30 cm e foram confeccionadas em madeira e vidro. Todos os ambientes da habitação são dotados de ventilação natural, por meio de portas, bandeiras sobre as esquadrias ou janelas. Os ambientes escolhidos para estudo foram a sala (sem laje) e o quarto com laje. Na Figura 2 é apresentada a planta baixa da Eco-Residência.

Figura 2 - Planta baixa do pavimento térreo da Eco Residência. Fonte: Rocha Et al.(2015)



Previamente ao trabalho experimental foi planejada a composição de três tratamentos que correspondem a diferentes tipos de abertura para as trocas térmicas nos ambientes a serem estudados. As rotinas de tratamento são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Tratamento de rotina de abertura de ventilação

	DESCRIÇÃO		PERÍODO (horário intervenção: 07 às 18 h)
	ABERTOS	FECHADOS	
1	Bandeiras, Núcleo das janelas		Dias 14, 21, 28 /janeiro e 04, 11, 18, 25/fevereiro/2016
2	Bandeiras,	Núcleo das janelas	Dias 12, 20, 27/janeiro e 03, 10, 17, 24/fevereiro/2016
3	---	Núcleo das janelas, Bandeiras	Dias 15,16,17; 23,24, 29,30,31/jan. 05,06,07,12,13,14, 26,27,28 fev.

Conforme Lyra (2007), o Voto Médio Estimado (PMV) permite avaliar o conforto térmico de um recinto fechado, prevendo a sensação térmica para qualquer combinação entre o nível de atividade de uma pessoa ($W.m^{-2}$), a vestimenta (Clo) e quatro variáveis climáticas: temperatura do ar ($^{\circ}C$), temperatura de globo ($^{\circ}C$), velocidade do ar ($m.s^{-1}$) e umidade relativa do ar (%).

Assim, a primeira etapa prática da análise do conforto térmico diz respeito à obtenção e armazenamento dos dados da temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura de globo e velocidade do ar. Para a execução da coleta de dados foi confeccionada uma Estação móvel, composta de uma estrutura de ferro e instalada no centro da sala. Esta Estação foi associada a uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, denominada arduíno (que funcionou como datalogger) ao qual foram conectados os sensores para obtenção de temperatura e de umidade, de temperatura de globo negro, bem como o de velocidade do vento. A Estação meteorológica é apresentada na Figura 3.

Figura 03 - Estação meteorológica composto de arduíno tipo Mega e sensores para obtenção e dados de temperatura, umidade e velocidade do vento. Fonte: os autores



As medições ocorreram nos sete dias consecutivos da semana, ao longo do período compreendido entre 11 de janeiro e 27 de fevereiro do ano de 2016. Trata-se de período do verão brasileiro, meses em que se observa grande adversidade térmica. A intervenção da abertura das esquadrias ocorreu no horário das 7 às 18 h, com coleta de dados em intervalos de 30 min.

Visto que o ambiente analisado não se encontrava habitado, foi prevista uma simulação, que variava com o horário, de acordo com o que é mostrado no Quadro 02.

Quadro 02 - Valores atividades e vestimentas. Simulação para o cálculo do PMV/PPD

Horário	Atividade (w.m ⁻²)	Vestimenta (clo)
0 às 6 h	Deitado (46)	Camisa comprida, cuecão e calça grossa (0,716)
6 às 22 h	Em pé, atividade doméstica (116)	Cueca, camiseta, calça fina (0,40)
22 às 0 h	Deitado (46)	Camisa comprida, cuecão e calça grossa (0,716)

Fonte: Lamberts (2007)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de PMV e PPD, para todos os tratamentos, na simulação descrita, são apresentadas nas Figuras 4 a 6. O trecho destacado consta de zona em que as pessoas se sentem termicamente satisfeitas.

Figura 4- Curvas de PM33V do QUARTO, SALA para Bandeira e Janela abertas.

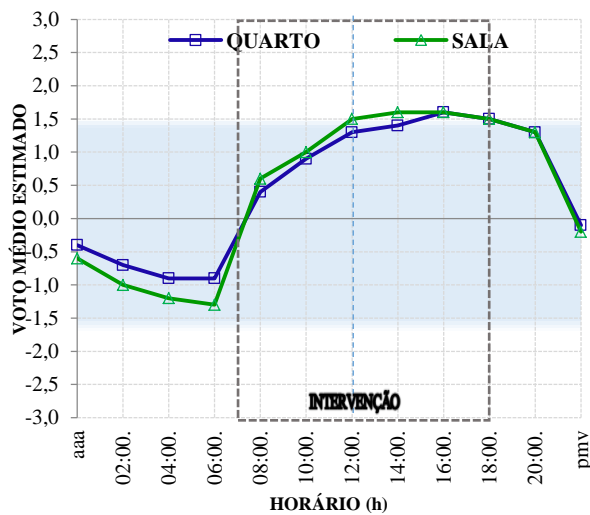


Figura 5- Curvas de PMV do QUARTO, SALA para Bandeira aberta e Janela fechada.

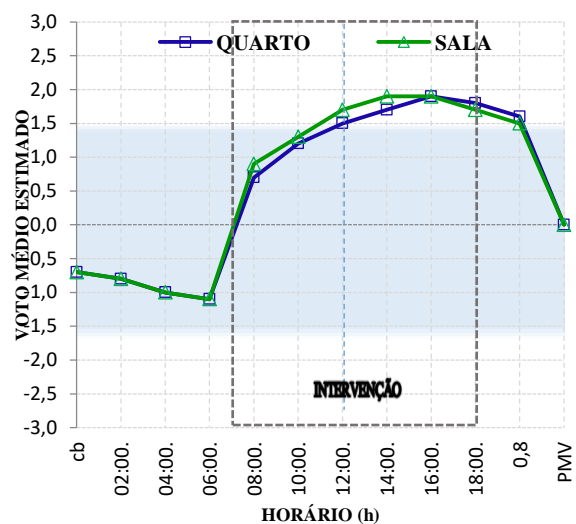
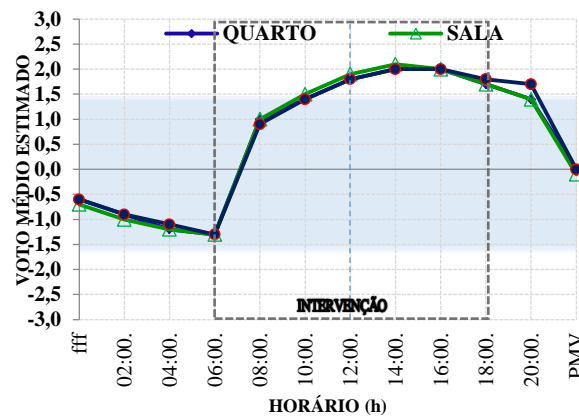


Figura 6- Curvas de PMV do QUARTO, SALA para Bandeira e Janela fechadas.



Os resultados mostrados através dos gráficos de PMV para a simulação em tela demonstram coerência quando comparados com a distribuição de temperatura ao longo do dia para os ambientes analisados. Os maiores valores para os dois índices, que classificam os recintos com algum grau de desconforto por temperatura elevada, ocorrem no período vespertino, mais precisamente no intervalo compreendido entre 14 e 16 h. Estes resultados coincidem com as temperaturas máximas dos ambientes estudados, que acontecem nesse mesmo período. Da mesma forma, o maior desconforto pelo frio acontece pela manhã, entre as 4 e 6 h, horário da temperatura mínima registrada nos recintos. O mínimo para o PMV observado oscilou na faixa entre -1,0 e -1,3, enquanto o PPD correspondente ficou na ordem de 22 a 35 %.

A pior situação envolvendo os dois ambientes é quando todas as aberturas de ventilação estão fechadas. No período vespertino, mais precisamente às 14 h, a sala pode ser considerada como o ambiente mais quente, chegando a apresentar um PMV máximo de 2,1 e PPD correspondente em torno de 82,9% . Em seguida vem o quarto, ambos com PMV máximo de 2 e PPD 80,6%.

Em relação ao período matutino, constata-se um maior conforto térmico, visto que na maioria dos casos, os ambientes não ultrapassaram a zona ligeiramente quente antes das 10 h. Neste período, os piores resultados para a sala e o quarto foram observados nos tratamentos que incluía o fechamento da janela. Por outro lado, os melhores resultados para o quarto e a sala podem ser vistos quando as janelas estão abertas.

CONCLUSÕES

Considerando os índices de conforto térmico que associam variáveis climáticas com parâmetros individuais, o procedimento baseado em uma avaliação fundamentada pelos índices PMV e PPD caracterizou os ambientes estudados no período de verão e no horário vespertino, permitindo afirmar que as pessoas percebem o ambiente térmico da sala e do quarto com laje como “ligeiramente quente”, mesmo quando expostas a maior ventilação (janelas e bandeiras abertos). Por outro lado, no horário matutino, antes das 7 h, os ambientes podem ser classificados termicamente como “ligeiramente frios”, mesmo quando todas as janelas e bandeiras encontram-se fechados. Os resultados mostram que o conforto ótimo é atingido em torno de 8 h, para todos os ambientes estudados.

REFERÊNCIAS

- Lamberts, R.; Xavier, A. A. de P.; Goulart, S.; Vecchi, R. de. **Conforto e stress térmico**. Apostila da disciplina ECV 4200: Conforto Ambiental. Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2014. 139p.
- Lamberts R.; **Desempenho Térmico de Edificações**. 5ª Ed. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. 182p.
- Lyra, D. S. F. M. **Aplicabilidade de índices de conforto térmico: um estudo de caso em Salvador – BA**. Universidade Federal da Bahia. 2007. 132 p. Dissertação Mestrado
- Pinto, V. L. R. **Reabilitação Integrada de um Edifício Visando a Melhoria da Qualidade do Ambiente Interior**. Portugal: Universidade do Minho. 2014. 148p. Dissertação Mestrado
- Rocha, V. de P. T.; Baracuh, J. G. de V.; Furtado, D. A.; Francisco, P. R. M. **Eco residência rural**. In: Baracuh, J. G. de V.; Furtado, D. A.; Francisco, P.R.M. Unidade de Tecnologias Integradas para Conservação de Recursos Hídricos. Campina Grande: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; Universidade Federal de Campina Grande; *Centro de Desenvolvimento, Difusão e Apoio Comunitário*, 2015. Cap.11, p.103-107.
- Vieira, C. C. **Conforto térmico e iluminação natural no edifício administrativo da escola de Engenharia de São Carlos**. São Carlos: Universidade de São Paulo. 2008. 187p. Dissertação de Mestrado