

## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM SALA DE ESTUDOS: APLICABILIDADE DOS MODELOS ESTÁTICO E ADAPTATIVO COMPARADOS AOS DADOS COMPORTAMENTAIS DO USUÁRIO<sup>1</sup>

**FINGER, Felipe (1); GOEDERT, Gabriela (2); MELO, Natália R. (3)**

(1) UFSC, e-mail: felipefinger@gmail.com; (2) UFSC, e-mail:  
gabrielasgoedert@gmail.com; (3) UFSC, e-mail: nataliarosa.arquitetura@gmail.com

### RESUMO

Os estudos de conforto térmico visam estabelecer métodos de avaliação e aplicação das condições necessárias para um ambiente se adequar termicamente às atividades e à ocupação humana, visando produtividade e conforto. O objetivo desta pesquisa é avaliar as condições de conforto térmico em uma sala ocupada, naturalmente ventilada, considerando tanto as preferências subjetivas dos usuários, como as variáveis ambientais obtidas em medições. Propõe-se uma comparação entre os modelos estático e adaptativo com os resultados dos dados subjetivos, obtidos através da aplicação de questionários, a fim de discorrer sobre a aplicabilidade destes métodos e modelos. Nos resultados finais obtidos, o modelo adaptativo apresentou a condição de conforto e o modelo estático apresentou um PPD igual a 16%. É possível verificar através da análise, que o modelo adaptativo obtém resultados mais coerentes com os dados subjetivos dos questionários, considerando a faixa de aceitabilidade e possibilidade de adaptação do usuário. O modelo estático apresentou discrepâncias a serem consideradas, principalmente por indicar desconforto por frio enquanto os questionários sinalizavam desconforto por calor. Pode-se verificar, contudo, que os limites estabelecidos por este modelo são mais restritivos e específicos, onde qualquer alteração nas variáveis reflete em mudanças significativas nos resultados calculados.

**Palavras-chave:** Conforto térmico. Usuário. Medição.

### ABSTRACT

*Studies of thermal comfort are designed to establish methods of evaluation and implementation of the necessary conditions for an environment fit thermally the activities and human occupation, aiming at productivity and comfort. The objective of this research is to assess the conditions for thermal comfort in an occupied room, considering both the subjective preferences of users, such as environmental variables obtained in measurements. It proposes a comparison between the static and adaptive models, with the results of the subjective data, obtained from the questionnaires, in order to discuss the applicability of these methods and models. In the results, the adaptive model showed the condition of comfort and the static model had a PPD equal to 16%. It is possible to verify through the analysis, that the adaptive model gets results that are more consistent with the subjective data from the questionnaires, considering the range of acceptability and possibility of user*

---

<sup>1</sup> FINGER, Felipe; GOEDERT, Gabriela; MELO, Natália R.. Avaliação das condições de conforto térmico em sala de estudos: aplicabilidade dos modelos estático e adaptativo comparados aos dados comportamentais de preferência do usuário. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

*adaptation. The static model presented discrepancies to be considered, especially for indicating cold discomfort, while the questionnaires signaled heat discomfort. It can be seen, however, that the limits established by this model are more restrictive and specific, where any change in the variables just reflect significant changes in the calculated results.*

**Keywords:** Thermal comfort. Users. Measurement.

## 1 INTRODUÇÃO

Cerca de 90% da nossa existência transcorre dentro de espaços fechados que abrigam as diversas funções diárias, entre elas a de trabalhar e habitar. Segundo Freixanet (2000), é importante que o ambiente tenha condições ambientais apropriadas, permitindo o desenvolvimento das atividades dos usuários de modo produtivo e confortável. Em diferentes tipos de projeto é muito comum encontrar falhas que comprometem a funcionalidade, os modos de ocupação e o conforto do usuário. Utilização indevida de materiais e aberturas, má orientação quanto aos ventos e radiação solar, ausência de tratamento em fachadas, más condições de iluminação, entre outros fatores, podem implicar no mau desempenho do edifício, queda de produtividade e gastos desnecessários com energia elétrica e equipamentos de climatização artificial.

Os estudos aprofundados em conforto térmico visam auxiliar no projeto e estabelecer métodos de avaliação das condições necessárias para um ambiente se adequar termicamente às atividades e ocupação humana, baseados principalmente na busca pela satisfação do homem com o ambiente e no desempenho de suas atividades. De acordo com Hertz (1998), uma das principais funções do ambiente construído consiste em aproveitar as condições climáticas de seu local de inserção, a fim de amenizar "as condições negativas e aproveitar os aspectos positivos" do clima. Outrossim, Frota e Schiffer (2003) afirmam que a adequação da arquitetura ao local significa a construção de espaços confortáveis, cabendo a arquitetura "(...) tanto amenizar as sensações de desconforto impostas por climas muito rígidos, tais como as de excessiva radiação solar, calor, frio ou vento, quanto propiciar ambientes, no mínimo, tão confortáveis como os espaços ao ar livre em climas amenos".

Diversos estudos sobre o tema demonstram o anseio por ambientes mais adequados para ocupação, novos parâmetros e níveis de satisfação. Dois modelos, que possuem abordagens distintas de como tratar o meio e o homem, são utilizados na estruturação dessas pesquisas. O modelo estático considera que o homem é apenas um agente passivo nas trocas térmicas do ambiente, e é baseado no "voto médio predito" – PMV (FANGER, 1970). Já o modelo adaptativo, por sua vez, reconhece o usuário como agente ativo que interage com o ambiente conforme suas preferências térmicas (DE DEAR; BRAGER; COOPER, 1997).

Nesse contexto, o presente artigo consiste na avaliação das condições térmicas de um ambiente real quanto aos níveis de conforto do usuário, através da comparação dos dados analíticos e subjetivos, obtidos por meio de medições ambientais e aplicação de questionários, respectivamente.

Comparou-se os resultados aplicados aos modelos estático e adaptativo, com as respostas dos usuários, a fim de discorrer sobre a aplicabilidade dos modelos e avaliar o ambiente termicamente.

### 3 MÉTODO

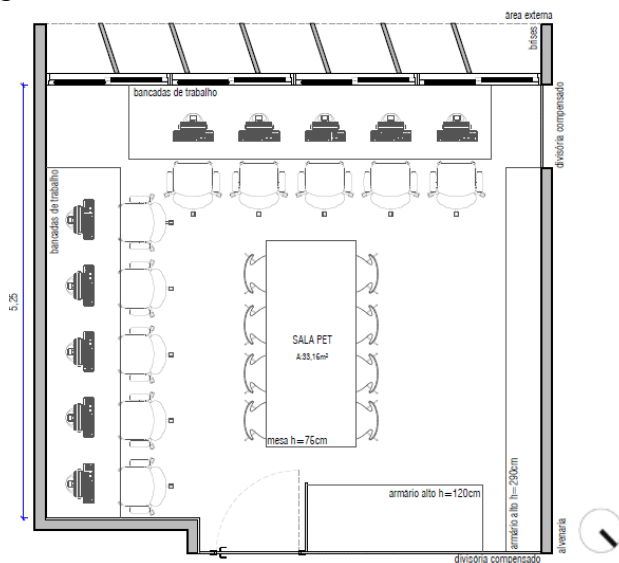
O ambiente escolhido para análise foi a sala do Programa de Educação Tutorial (PET), apresentando medidas de 5,25m x 6,00m, totalizando uma área de 33,16m<sup>2</sup>, localizada na porção sudoeste no terceiro andar do edifício do Departamento de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina (Figura 01). Através de registros fotográficos, diálogos com os usuários, desenhos e anotações, pode-se obter a disposição do layout da sala, bem como os materiais e os modos de ocupação e utilização do espaço (Figura 02). A sala possui três de suas superfícies verticais voltadas para o interior do edifício, e uma voltada para o exterior, onde nesta última estão as aberturas que totalizam uma área de 7,2 m<sup>2</sup>. Em decorrência de um padrão arquitetônico, estas aberturas possuem brises inclinados e estão voltadas para um pátio externo, situado entre os dois blocos do departamento.

Figura 01 - Em destaque, localização da sala em análise, no prédio do departamento de Engenharia Civil – UFSC



Fonte: Os autores.

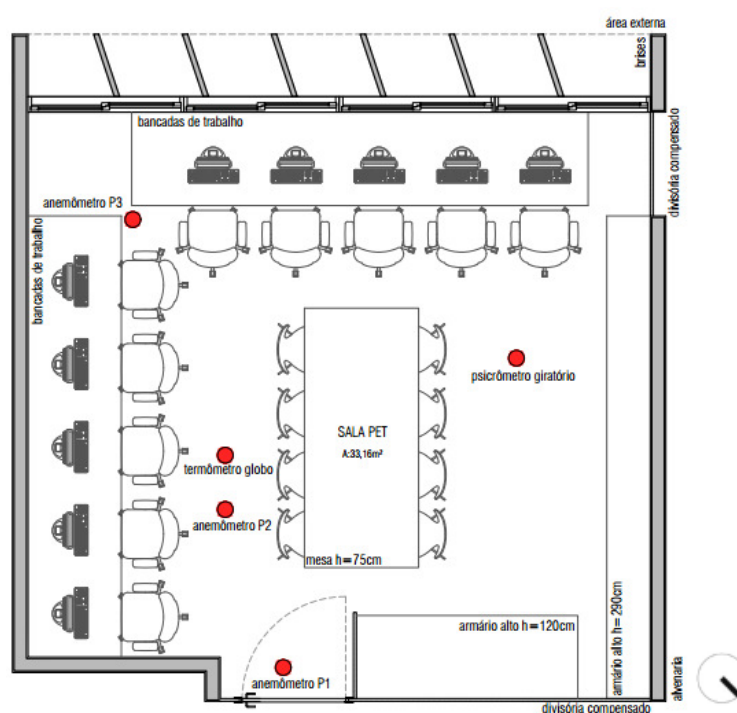
Figura 02 - Planta Baixa do ambiente em análise



Fonte: Os autores.

Após a constatação da homogeneidade do ambiente, conhecido o próprio e sua dinâmica de ocupação, foram feitas medições nos períodos da manhã e da tarde, no dia 14 de agosto de 2015. Antes de iniciadas as medições foram realizados procedimentos de testes dos instrumentos de medição e mantidas as configurações normais de uso da sala: algumas janelas e a porta estavam abertas, bem como os usuários do ambiente em seus postos de trabalho, realizando suas tarefas normalmente. As variáveis ambientais e o posicionamento dos instrumentos de medição seguiram as recomendações do projeto de norma brasileira de conforto térmico de Lamberts et al. (2013), e ISO7726 (1998), que regulamenta os instrumentos e métodos para a medição dos parâmetros físicos. (Figura 03).

Figura 03 - Destaque para o posicionamento dos instrumentos para medição

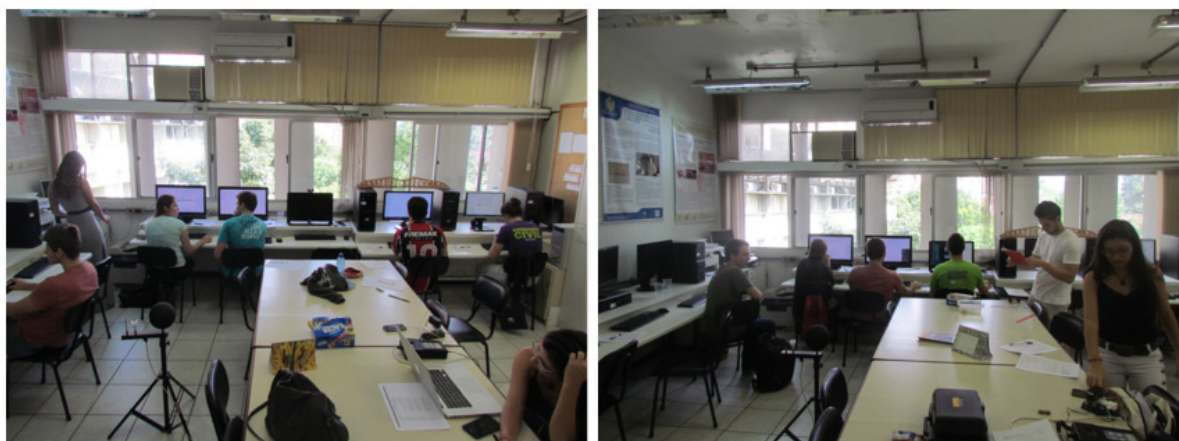


Fonte: Os autores.

Com o uso do instrumento psicrômetro giratório, obteve-se os valores de temperatura do ar, também chamada de temperatura de bulbo seco. Foram feitos giros de um minuto a cada 20 minutos, tendo sido feita a leitura com o instrumento à 90°. A temperatura de globo foi obtida através do instrumento termômetro de globo, onde aplicada em fórmulas normatizadas obtêm-se a temperatura radiante média. As leituras foram realizadas de 5 em 5 minutos, durante 1 hora e 20 minutos. A medição da velocidade do ar foi realizada com o instrumento anemômetro digital e seu posicionamento foi influenciado pela principal corrente de ar do ambiente. Também foram registradas as temperaturas das superfícies das paredes, piso e teto, com o auxílio de um radiômetro infravermelho. Obtidos os dados das medições, foram calculados outros resultados, como por exemplo a umidade relativa do ar, a temperatura operativa, e a já mencionada temperatura radiante média.

Paralelamente às medições das variáveis ambientais, aplicaram-se questionários aos usuários, atendendo às orientações do projeto de norma brasileira de Lamberts et al. (2013). A aplicação dos questionários aos usuários teve ocorrência de 20 em 20 minutos, buscando avaliar a sensação térmica dos ocupantes com base na escala de sete pontos da ASHRAE 55 (2013) que leva em consideração os níveis de "muito quente" a "muito frio". No período da manhã, obteve-se a participação de 5 pessoas, totalizando 25 votos, já no período da tarde, participaram 8 estudantes, totalizando 40 votos de preferência (Figura 04). Além de considerar os votos obtidos através de questionários, com o auxílio de câmera digital e anotações, estimou-se as taxas metabólicas dos ocupantes ( $\text{met}$ ) e o valor de isolamento das vestimentas ( $\text{clo}$ ) com base nas tabelas disponibilizadas nos anexos A e B de Lamberts et al. (2013), fato importante para a precisão dos resultados encontrados. Houve predominância de usuários do sexo feminino, as roupas eram leves, com aproximadamente 0,5 Clo (referente à calça e camisa de manga curta) e a maioria das atividades desempenhadas foram relacionadas à digitação e uso do computador (1,1  $\text{met}$ ).

Figura 04 - Fotos do ambiente durante a aplicação dos questionários, manhã e tarde respectivamente



Fonte: Autores.

Para análise dos dados e discussão dos resultados, foram aplicados os modelos estático e adaptativo. Para determinar os índices de conforto do modelo estático, utilizou-se a ferramenta online Comfort Tool, da Universidade de Berkeley, que plota em gráficos os dados de PMV e PPD. Por fim, pode-se obter resultados comparativos e conclusivos da aplicação dos modelos e satisfação dos usuários.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Variáveis Ambientais

Os dados obtidos das variáveis ambientais foram transcritos para uma tabela síntese (Tabelas 01 e 02), que concentra todos os valores obtidos de cada variável nas medições de um mesmo período, possibilitando análise

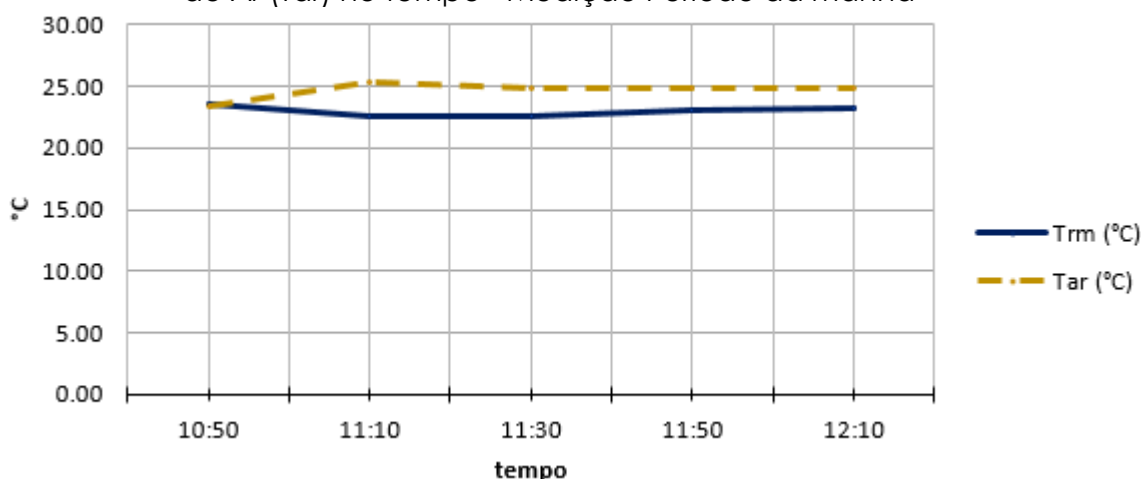
comparativa das flutuações dos valores. No período da manhã a temperatura do ar e temperatura radiante variaram de acordo com o Gráfico 01.

Tabela 01 - Síntese dos valores medidos no período da manhã

	INTERVALO	HORÁRIO	QUEST.	Tg (°C)	coef. convecção natural	coef. convecção forçada	Trm (p/forçada)	Var**	Tbu (°C)	Tar (°C) Tbs	Ur (%)	To (°C)
				Termômetro de globo	calculado	calculado	calculado	Anemômetro digital	Psicrômetro giratório	calc.	calc.	
								Média*				
estabilização	30 min	10:15	-	-	-	-			-	-		
1		10:50	APLICAR	23.47	1.27	6.09	23.54	0.27	21.2	23.4	80	23,45
2		11:10	APLICAR	23.50	2.61	2.65	22.65	0.07	21.8	25.3	75	23,97
3		11:30	APLICAR	23.43	2.45	3.38	22.61	0.1	21	24.8	70	23,70
4		11:50	APLICAR	23.70	2.30	3.38	23.04	0.1	20.8	24.8	70	23,92
5		12:10	APLICAR	23.77	2.30	2.65	23.23	0.07	21.1	24.9	70	24,06
5a	5min	12:15	-	-	-	-	-		-	-		

Fonte: Os autores.

Gráfico 01 - Variação da Temperatura radiante média (Trm) e Temperatura do Ar (Tar) no tempo - Medição Período da manhã



Fonte: Os autores.

No período da tarde, por sua vez, a temperatura do ar e temperatura radiante variaram de acordo com o gráfico 02.

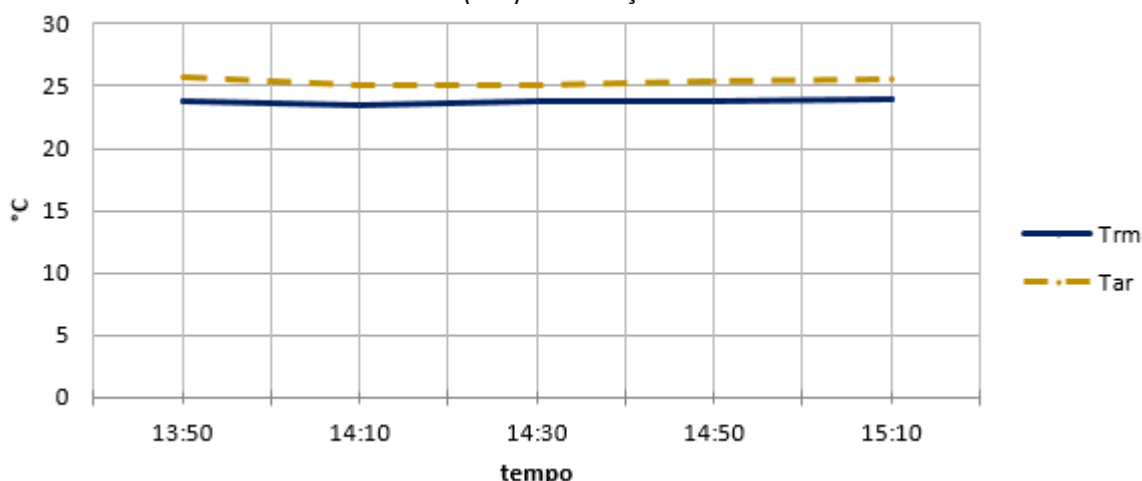
Tabela 02 - Síntese dos valores medidos no período da tarde

	INTERVALO	HORÁRIO	QUEST.	Tg (°C)	coef. convecção natural	coef. convecção forçada	Trm (p/natural)	Trm (p/forçada)	Var**	Tbu (°C)	Tbs (°C)	Ur (%)	To (°C)
				Termômetro de globo	calculado	calculado	calculado	calculado	Anemômetro digital	Psicrômetro giratório	calculado	calculado	
									Média*				
estabilização	30 min	13:15	-	-						-	-		
1		13:50	APLICAR	24.30	2.45	1.75	23.72		0.03	21.4	25.7	69	24,7
2		14:10	APLICAR	24.10	2.25	3.38		23.50	0.10	21.1	25.1	70	24,3
3		14:30	APLICAR	24.37	1.98	5.62		23.74	0.23	21.2	25	70	24,5
4		14:50	APLICAR	24.50	2.19	4.59		23.77	0.17	21.4	25.4	70	24,6
5		15:10	APLICAR	24.53	2.30	3.38		23.90	0.10	21.3	25.6	69	24,75
5a	5min	15:15	-	-						-	-		

Fonte: Os autores.



Gráfico 02 - Variação da Temperatura radiante média (Trm) e Temperatura do Ar (Tar) - medição tar



Fonte: Os autores.

## 4.2 Aplicação do Modelo Estático - PMV e PPD

Os valores obtidos através das medições das variáveis ambientais e os valores de taxa metabólica e isolamento térmico de vestimenta dos usuários foram processados com o uso da calculadora online Comfort Tool, da Universidade de Berkeley. A síntese dos valores obtidos com a utilização da calculadora online foi organizada nas tabelas 03 e 04.

Tabela 03 - PMV e PPD calculados, medição período da manhã

	USUÁRIO 01		USUÁRIO 02		USUÁRIO 03		USUÁRIO 04		USUÁRIO 05		MÉDIA		MÉDIA Geral	
	PMV	PPD %	PMV	PPD %	PMV	PPD %	PMV	PPD %	PMV	PPD %	PMV	PPD %	PMV	PPD %
Voto 01	-0.83	20	-1.31	41	-0.19	6	-0.36	8	-0.17	6	-0.57	11	-0.07	5
Voto 02	0.05	5	-0.49	10	0.34	7	0.2	6	0.44	9	0.11	5		
Voto 03	-0.14	5	-0.65	14	0.15	5	0.01	5	0.26	6	-0.07	5		
Voto 04	-0.08	5	-0.58	12	0.21	6	0.47	10	0.31	7	0.07	5		
Voto 05	0.02	5	-0.49	10	0.31	7	0.17	6	0.5	10	0.10	5		

Fonte: Os autores.

Tabela 04 - PMV e PPD calculados, medição período da tarde

	USUÁRIO 06		USUÁRIO 07		USUÁRIO 08		USUÁRIO 09		USUÁRIO 010		USUÁRIO 11		USUÁRIO 12		USUÁRIO 13		MÉDIA		MÉDIA Geral	
	PMV	PPD %	PMV	PPD %	PMV	PPD %	PMV	PPD %	PMV	PPD %	PMV	PPD %	PMV	PPD %	PMV	PPD %	PMV	PPD %	PMV	PPD %
Voto 01	0.47	10	-0.11	5	0.11	5	0.04	5	-0.16	6	-0.16	6	-0.23	6	-0.41	9	-0.06	5	-0.21	6
Voto 02	0.18	6	-0.23	6	0.42	9	-0.15	5	-0.35	8	-0.35	8	-0.43	9	-0.36	8	-0.16	6		
Voto 03	-0.03	5	-0.5	10	-0.35	8	-0.4	8	-0.63	13	-0.55	11	-0.71	16	-0.92	23	-0.51	10		
Voto 04	0.22	6	-0.32	7	-0.22	6	0.11	5	-0.37	8	-0.15	5	-0.45	9	-0.6	13	-0.22	6		
Voto 05	0.31	7	-0.08	5	-0.04	5	-0.01	5	-0.2	6	-0.2	6	-0.27	7	-0.44	9	-0.12	5		

Fonte: Os autores.

Os autores.

## 4.3 Aplicação do Modelo Adaptativo

Para aplicação do modelo adaptativo, algumas variáveis devem ser calculadas a partir dos dados medidos. A primeira delas é a temperatura

média predominante do ar externo, que é determinada pela média de temperatura dos sete últimos dias antes do dia em questão (tabela 05).

Tabela 05 - Valores de temperaturas: máxima, mínima e média

Dia		T máxima (°C)	T mínima (°C)	T Média (°C)
07/08	<i>Tod7</i>	21,25	20,52	<b>20,88</b>
08/08	<i>Tod6</i>	21,95	21,11	<b>21,53</b>
09/08	<i>Tod5</i>	22,05	21,44	<b>21,74</b>
10/08	<i>Tod4</i>	21,94	21,44	<b>21,69</b>
11/08	<i>Tod3</i>	22,03	21,43	<b>21,73</b>
12/08	<i>Tod2</i>	21,32	20,72	<b>21,02</b>
13/08	<i>Tod1</i>	21,60	20,94	<b>21,27</b>

Fonte: INMET, acesso agosto 2015.

$$T_{pm \text{ ar (ext)}} = 21,38^{\circ}\text{C}$$

Com os dados levantados durante a medição, pode-se calcular a temperatura operativa (Tabela 6 e 7), conforme indicado em Lamberts et al. (2013).

Tabela 6 - Valores calculados para Temperatura Operativa para o período da manhã

MANHÃ	10:50	11:10	11:30	11:50	12:10
$T_o$ (°C)	23.45	23.97	23.7	23.92	24.06

Fonte: Os autores.

Tabela 7 - Valores calculados para Temperatura Operativa para o período da tarde

TARDE	13:50	14:10	14:30	14:50	15:10
$T_o$ (°C)	24.7	24.3	24.5	24.6	24.75

Fonte: Os autores.

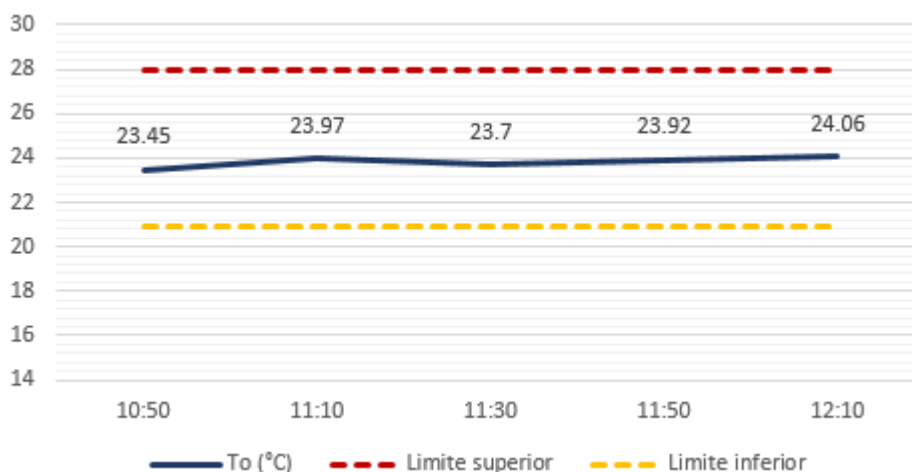
O projeto de norma brasileira especifica as equações para o cálculo das temperaturas operativas internas admissíveis. Para este caso tem-se:

- Limite superior de 80% de aceitabilidade (°C) = **27,93°C**
- Limite inferior de 80% de aceitabilidade (°C) = **20,93°C**

Tendo os limites superiores e inferiores de 80% de aceitabilidade calculados, pode-se observar no Gráfico 03, que os valores de temperatura operativa se mantiveram dentro da faixa estipulada pelos mesmos.



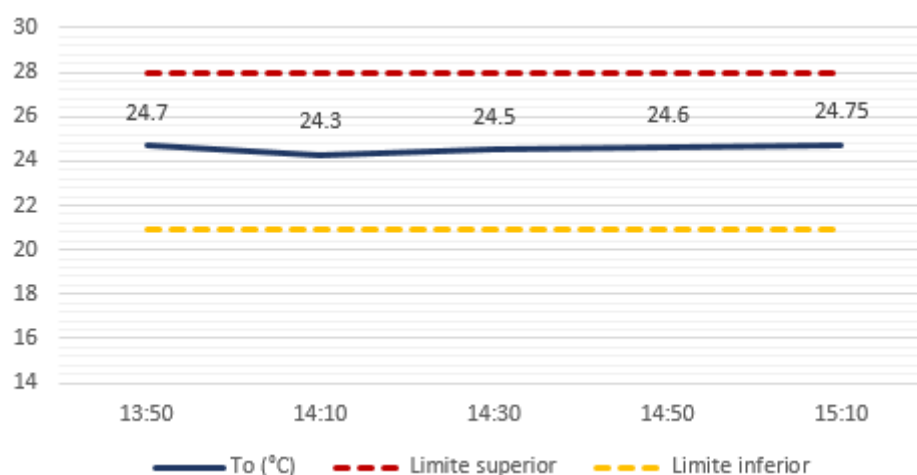
Gráfico 03 - Valores da Temperatura Operativa por tempo, entre os limites superior e inferior, para o período da manhã



Fonte: Os autores.

Para o período da tarde, os valores de temperatura operativa também se mantiveram dentro dos limites de aceitabilidade (Gráfico 04).

Gráfico 04 - Valores da Temperatura Operativa por tempo, entre os limites superior e inferior, para o período da tarde

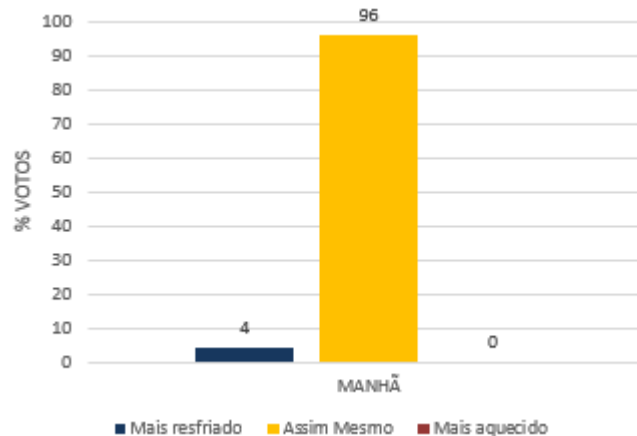


Fonte: Os autores.

#### 4.4 Questionários

As perguntas do questionário foram baseadas no modelo disponível no projeto de norma brasileira de conforto térmico de Lamberts et al. (2013). De uma maneira geral, essas questionavam se o usuário considerava as condições ambientais "aceitáveis" ou "inaceitáveis", e solicitavam descrições de vestimentas e ações de tarefas realizadas. Para o período da manhã, 100% dos ocupantes consideraram o ambiente aceitável termicamente. Com relação à preferência térmica alguns usuários optaram por este ser mais resfriado (Gráfico 05).

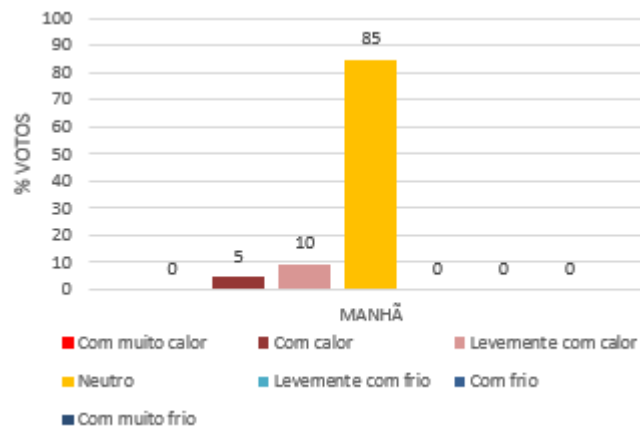
Gráficos 05 - Preferência do ambiente térmico pelos usuários no turno manhã



Fonte: Os autores.

Para a verificação da sensação térmica, utilizou-se a escala de sete pontos da ASHRAE (2013), variando de “muito calor” até “muito frio”. Analisando as respostas dos usuários do período matutino, prevalece uma sensação de neutralidade (88%) (Gráfico 06).

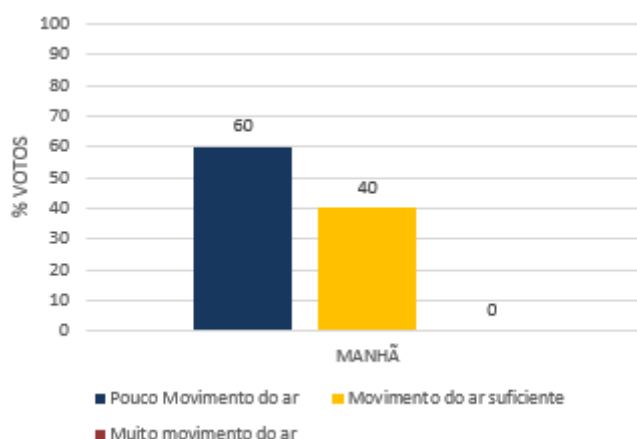
Gráfico 06 - Voto da sensação térmica dos usuários no período da manhã



Fonte: Os autores.

Na questão “aceitabilidade da velocidade do ar”, este foi considerado suficiente por 40% votos ou com pouco movimento de ar para 60% dos votos (Gráfico 07). Quanto à preferência, 58% dos votos indicaram que não gostariam de mudar esta situação, enquanto 42% gostariam de movimento de ar mais intenso.

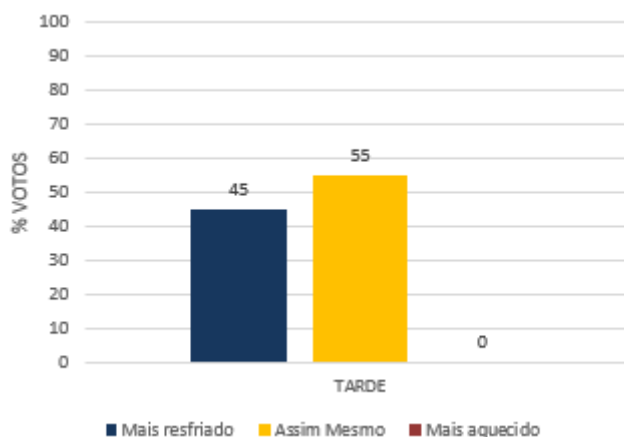
Gráfico 07 - Voto da aceitabilidade da velocidade do ar no período da manhã



Fonte: Os autores.

No período da tarde, o ambiente permaneceu aceitável entre a maioria dos votos (90%). Quanto a preferência térmica, 18 votos (45%) indicaram que gostariam do ambiente mais resfriado, sendo que estas respostas aconteceram, em sua maioria, no horário das 13:45h (Gráfico 08).

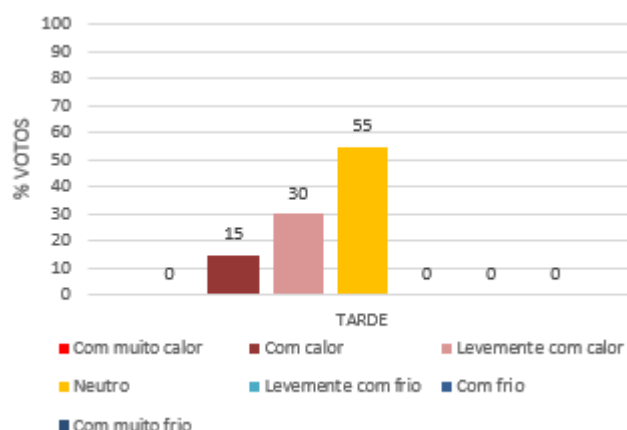
Gráfico 08 - Aceitabilidade e Preferência do ambiente térmico pelos usuários, no período tarde



Fonte: Os autores.

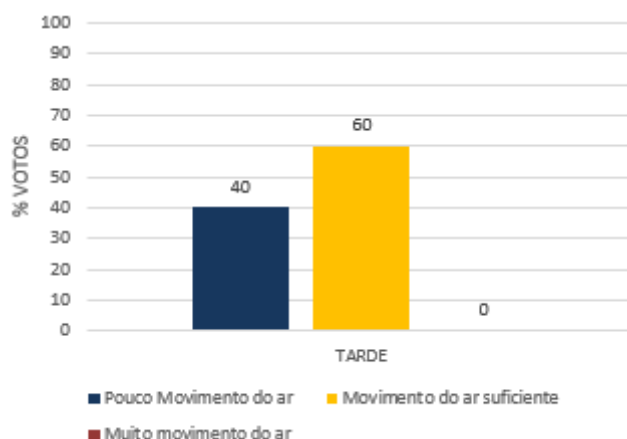
Neste período, a sensação térmica dos usuários prevaleceu neutra (55% do total). Porém, vale ressaltar o aparecimento de 30% de votos indicando a condição "levemente com calor" (+1) no período das 13:45, e 15% de votos indicando "calor" (+2) (Gráfico 09). Quanto à velocidade do ar, 40% dos votos indicaram "pouco movimento do ar", e o restante (60%) definiram o mesmo como suficiente (Gráfico 10). Quanto à preferência por movimentação de ar, 60% dos votos indicaram que não gostariam de mudanças, enquanto 40% preferiram maior movimentação de ar.

Gráfico 09 - Voto da Sensação térmica, período da tarde



Fonte: Os autores.

Gráfico 10 - Aceitabilidade da velocidade do ar, no período da tarde



Fonte: Os autores.

#### 4.5 Comparação dos Modelos Analisados com os Questionários

A comparação entre os valores de PMV e os dados de preferência dos usuários, obtidos com os questionários, demonstrou algumas diferenças. A maioria dos votos dos usuários nos questionários, mantiveram-se entre a sensação neutra, em  $\pm 1$ , variando alguns votos em "levemente quente". Nos valores obtidos de PMV, a maioria manteve-se na condição de neutralidade (PMV  $\pm 0,5$ ), com alguns votos fora dessa faixa, indicando "levemente frio". Essa contrariedade de resultado pode ser verificada no voto 01 do usuário 03, no período da manhã, como também no voto 03 do usuário 10, no período da tarde.

Outras incongruências foram registradas, onde alguns valores calculados indicaram situação de desconforto, enquanto os dados do questionário para o mesmo voto mantiveram-se em conforto, como por exemplo, o voto 01, para o usuário 01 e 02, no período da manhã. O inverso também ocorreu, com valores calculados na faixa de conforto, e opiniões dos usuários nos questionários, em desconforto. Cita-se como exemplo, o voto 01 para o usuário 03 e o voto 05 para o usuário 04.

Abaixo, na tabela 8 está a síntese da comparação entre PMV calculado e o valor obtido através dos questionários, para o período da manhã:

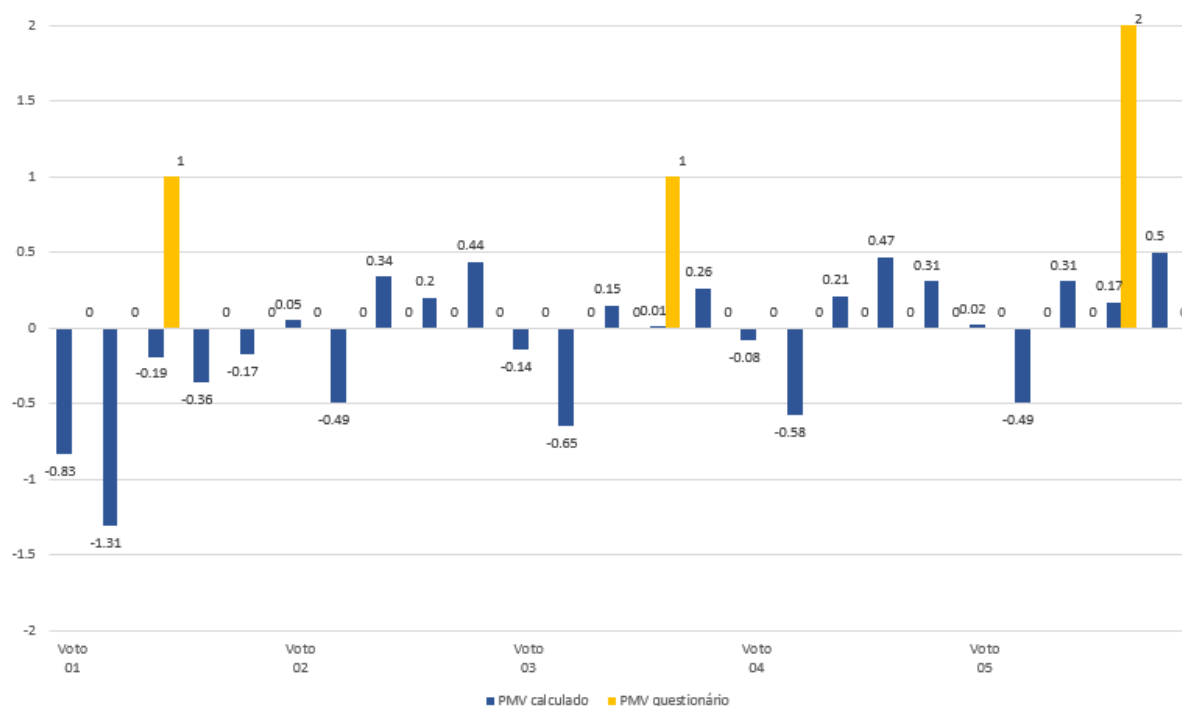
Tabela 8 - Tabela síntese dos valores de PMV calculados e dos valores obtidos com os questionários, no período da manhã

	USUÁRIO 01		USUÁRIO 02		USUÁRIO 03		USUÁRIO 04		USUÁRIO 05		MÉDIA		MÉDIA Geral	
	calc.	quest.	calc.	quest.	calc.	quest.	calc.	quest.	calc.	quest.	calc.	quest.	calc.	quest.
Voto 01	-0.83	0	-1.31	0	-0.19	1	-0.36	0	-0.17	0	-0.57	0.2	-0.07	0.16
Voto 02	0.05	0	-0.49	0	0.34	0	0.2	0	0.44	0	0.11	0		
Voto 03	-0.14	0	-0.65	0	0.15	0	0.01	1	0.26	0	-0.07	0.2		
Voto 04	-0.08	0	-0.58	0	0.21	0	0.47	0	0.31	0	0.07	0		
Voto 05	0.02	0	-0.49	0	0.31	0	0.17	2	0.5	0	0.10	0.4		

Fonte: Os autores.

Para auxiliar na análise, os valores foram dispostos no Gráfico 11 abaixo, onde as barras que não são visualizadas (tanto azul, quanto amarela) encontram-se no valor igual a zero (0):

Gráfico 11 – PMV calculado e PMV questionários, para o período da manhã



Fonte: Os autores.

Para o período da manhã, o ambiente foi definido como aceitável, em todos os votos subjetivos (questionário). Quanto à preferência do ambiente, 96% dos votos indicaram a opção para manter o ambiente como este se encontrava, e 4% sinalizaram a preferência por um ambiente mais resfriado. Referente à sensação térmica, por sua vez, 96% dos votos situaram-se na faixa de conforto (+1) e 4% fora dessa faixa. O modelo adaptativo, para o mesmo período, apresentou condição de conforto - dentro da faixa de

aceitabilidade de 80%, e o modelo estático apresentou um PPD igual a 16%, ou seja, 4 votos fora da faixa de conforto ( $\pm 0,5$ ) de um total de 25 votos.

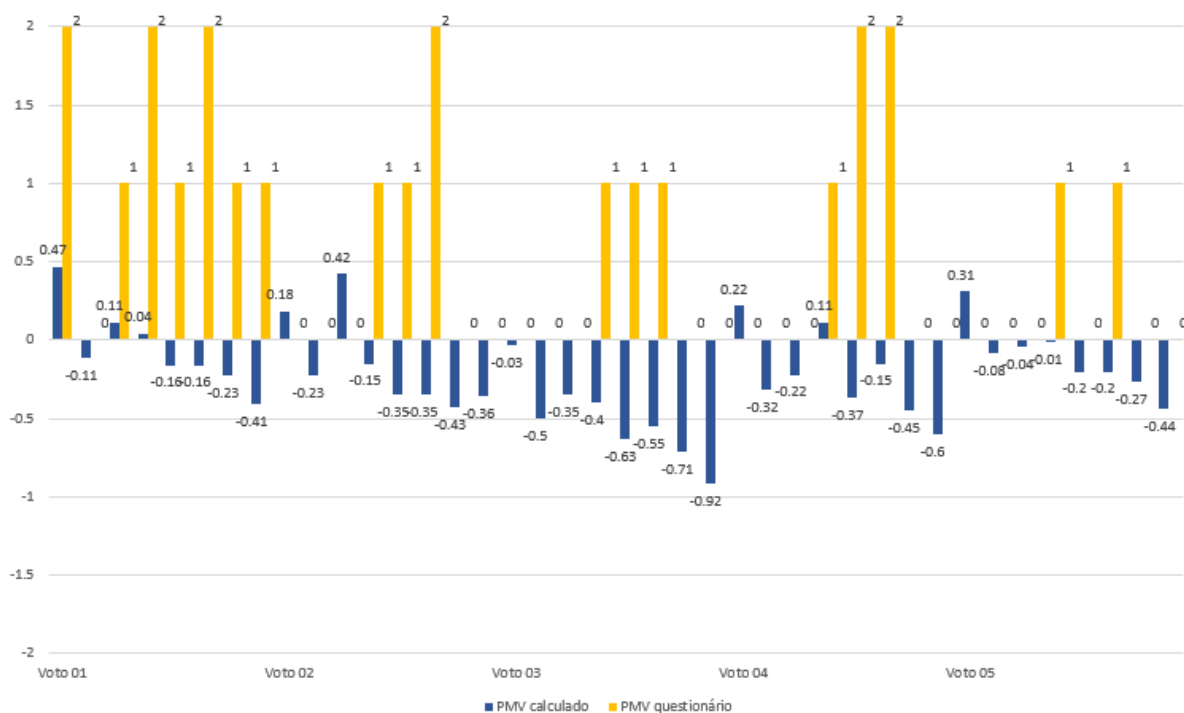
Segue abaixo a tabela 9 e Gráfico 12, com a síntese dos valores comparados entre PMV calculado e PMV do obtido através do questionário, pra o período da tarde:

Tabela 9 - Tabela síntese dos valore de PMV calculados e dos obtidos com os questionários, no período da tarde

	USUÁRIO 06		USUÁRIO 07		USUÁRIO 08		USUÁRIO 09		USUÁRIO 010		USUÁRIO 11		USUÁRIO 12		USUÁRIO 13		MÉDIA		MÉDIA Geral	
	calc.	quest.	calc.	quest.	calc.	quest.	calc.	quest.	calc.	quest.	calc.	quest.	calc.	quest.	calc.	quest.	calc.	quest.	calc.	quest.
Voto 01	0.47	2	-0.11	0	0.11	1	0.04	2	-0.16	1	-0.16	2	-0.2	1	-0.41	1	-0.06	1.25	-0.21	0.60
Voto 02	0.18	0	-0.23	0	0.42	0	-0.15	1	-0.35	1	-0.35	2	-0.4	0	-0.36	0	-0.16	0.5		
Voto 03	-0.03	0	-0.5	0	-0.35	0	-0.4	1	-0.63	1	-0.55	1	-0.7	0	-0.92	0	-0.51	0.375		
Voto 04	0.22	0	-0.32	0	-0.22	0	0.11	1	-0.37	2	-0.15	2	-0.5	0	-0.6	0	-0.22	0.625		
Voto 05	0.31	0	-0.08	0	-0.04	0	-0.01	1	-0.2	0	-0.2	1	-0.3	0	-0.44	0	-0.12	0.25		

Fonte: Os autores.

Gráfico 12 - PMV calculado e PMV questionários, para o período da tarde



Fonte: Os autores.

No período da tarde, 10% dos votos subjetivos sobre aceitabilidade do ambiente, indicaram o mesmo como inaceitável. Sobre a preferência, 45% dos votos totais desejavam a situação de "mais resfriado" e 55% preferiam mantê-lo como estava. Obteve-se, quanto a sensação térmica, 85% do total dos votos na faixa de conforto ( $\pm 1$ ) e 15% em desconforto. O modelo adaptativo apresentou valores dentro da faixa de aceitabilidade de 80%, considerando os valores de temperatura operativa do mesmo período. O modelo estático, por sua vez, apresentou um PPD igual a 15%, que se refere a 6 votos fora da faixa de conforto ( $\pm 0,5$ ) do total de 40 votos. A tabela 10 abaixo sintetiza os valores apresentados, possibilitando a avaliação



comparativa dos dados do questionário e dos modelos estático e adaptativo, nos dois períodos de análise:

Tabela 10 - Síntese dos resultados obtidos nos modelos estático, adaptativo e nos questionários

	<b>PMV / PPD</b>	<b>ADAPTATIVO (80%)</b>	<b>QUESTIONÁRIO</b>
<b>MANHÃ</b>	<i>PPD 16%</i>	CONFORTO	4% DESCONFORTO (96% CONFORTO)
<b>TARDE</b>	<i>PPD 15%</i>	CONFORTO	15% DESCONFORTO (85% CONFORTO)

Fonte: Os autores.

## 5 CONCLUSÕES

A análise apresentada neste artigo demonstrou que o modelo adaptativo apresentou resultados coerentes com os dados subjetivos dos questionários, considerando a faixa de aceitabilidade e possibilidade de adaptação do usuário. O modelo estático, por sua vez, apresentou algumas discrepâncias na mesma comparação, principalmente por indicar situações de desconforto por frio enquanto os questionários indicavam desconforto por calor. O modelo adaptativo, específico para ambientes naturalmente ventilados, se adequou à análise do ambiente estudado, onde este apresentou, de uma maneira geral, características favoráveis à execução de tarefas e satisfação pelos usuários com as condições térmicas do mesmo.

Pode-se verificar, contudo, que os limites estabelecidos pelo modelo estático são mais restritivos e específicos, onde qualquer alteração mínima nas variáveis reflete em alterações significativas nos resultados calculados, principalmente quanto à taxa metabólica e isolamento da vestimenta. Esses dados obtidos através dos questionários, podem não descrever com exatidão a realidade, o que foi verificado através do uso de equipamento de filmagem, para registro simultâneo das atividades dos usuários. O ajuste dos valores de atividade metabólica, seguindo o registro simultâneo, influenciou no resultado obtido, contribuindo com maior aproximação da condição real do estudo. Entretanto, é importante ressaltar que o ambiente analisado se encontrava naturalmente condicionado, aspecto que deve ser levado em consideração pela limitação de análise do modelo estático nessa condição.

Uma maior amostragem de usuários na análise subjetiva através dos questionários, pode contribuir para maior precisão e amplitude dos resultados obtidos. Outro sim, deve ser considerado um número maior de medições em diferentes dias e estações do ano, possibilitando maior abrangência dos resultados e acuracidade na caracterização do ambiente.

Aspectos como características culturais e outras questões subjetivas não são consideradas pelas normas em questão. Logo, uma análise sensível e crítica quanto a essas questões deve ser sinalizada. Sugere-se para próximos

estudos a consideração de forma mais específica do meio em que está inserido o local de análise, bem como uma maior variedade de medições.

### AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), e ao Laboratório de Pesquisa e Extensão do Curso de Engenharia Civil (PET) da Universidade Federal de Santa Catarina.

Aos professores orientadores da pesquisa, Roberto Lamberts e Renata De Vecchi, pelo conhecimento compartilhado;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

### REFERÊNCIAS

ASHRAE 55. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA, 2013.

Calculadora Web - Berkeley. Disponível em:  
<http://smap.cbe.berkeley.edu/comforttool>. Acesso em Agosto, 2015.

Dados de condição climática da estação automática de Florianópolis - São José. Disponível em [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br). Acesso em Agosto, 2015;

DE DEAR, R.; BRAGER, G.; COOPER, D. **Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference**. ASHRAE RP-884, Research Report, 1997.

FANGER, O.P. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering**. Danish Technical Press, Copenhagen, 244p, 1970.

FREIXANET, Victor Armando Fuentes. **Clima y Arquitectura**. 1 ed. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco: México, 2004.

GOOGLE EARTH. **Imagem digital do mapeamento de Maceió 2014**. Disponível em <http://www.googleearth.com>. Acesso em Agosto, 2015.

HERTZ, John B. **Ecotécnicas em arquitetura - Como projetar nos trópicos úmidos do Brasil**. São Paulo: Pioneira, 1998.

ISO Standard 7726 (1998). **Ergonomics of the thermal environment - Instruments and methods for measuring physical quantities**. Geneva International Standards Institution, 1998.

LAMBERTS, R.; CÂNDIDO, C.; DE DEAR, R.; DE VECCHI, R. **Towards a Brazilian standard on thermal comfort**. Research Report, 2013. Disponível em:  
[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios\\_pesquisa/RP\\_Towards\\_a\\_Brazilian\\_Standard\\_Complete\\_Version.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Towards_a_Brazilian_Standard_Complete_Version.pdf). Acesso em Agosto, 2015

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. **R Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo, Pró Livros, 2ª Ed., 2004.