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

APLICAÇÃO DO MODELO DE FANGER NA AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DA POPULAÇÃO IDOSA FEMININA

Raiana Spat Ruviaro (1); Giane de Campos Grigoletti (2); Bruna Zambonato (3)
(1) Mestre em Engenharia Civil, Arquiteta e Urbanista, raianaruviaroarq@gmail,com
(2) Doutor, Professor na Universidade Federal de Santa Maria, ggrigoletti@gmail.com
(3) Arquiteta e Urbanista, Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, bruzambo@hotmail.com
Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Av. Roraima,
n. 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria/RS, CEP: 97105-900 Tel.: +55553220-8144.

RESUMO
Tendo em vista o aumento acelerado do número de idosos na população mundial, é necessário criar condições para que a terceira idade ocorra com qualidade de vida, onde o conforto térmico é fundamental na contribuição de um panorama arquitetônico mais humano e acessível. Dessa forma, esta pesquisa pretende contribuir com o tema a partir da análise da aplicação do modelo de Fanger para avaliar o conforto térmico da população idosa feminina em ambientes de estar de dois residenciais geriátricos na cidade de Santa Maria, RS. O público alvo considerado foram pessoas de 60 anos ou mais, do sexo feminino. Foram medidas as variáveis ambientais temperatura do ar, umidade do ar, temperatura de globo e velocidade do ar, assim como as variáveis humanas vestimenta e atividade física. Além disso, foram levantadas a sensação e preferência térmica das idosas mediante aplicação de questionários, avaliando sua percepção térmica. Após as medições, foi calculado o índice de sensação analítica de conforto (voto médio estimado – PMV), e a porcentagem estimada de insatisfeitos (PPD). A análise de dados foi feita por meio de elementos gráficos, de forma descritiva e comparativa entre aqueles obtidos em campo e os índices determinados pelo modelo PMV. O PMV calculado foi relacionado com a sensação real dos usuários para verificar a relação mútua estabelecida entre essas variáveis, podendo evidenciar o quanto o modelo é explicativo ou não dos dados levantados. Como resultado, tem-se que o modelo PMV não é aplicável para a avaliação de conforto térmico considerando a população pesquisada, onde há a tendência de as idosas sentirem-se mais aquecidas do que o modelo estima.
Palavras-chave: Conforto térmico. Idosas. PMV.

ABSTRACT
Considering the accelerated increase in the number of elderly people in the world population, it is necessary to create conditions for the third age to occur with quality of life, where thermal comfort is fundamental in the contribution of a more human and accessible architecture. The present work intends to contribute to the subject by analysing the application of Fanger's model to evaluate the thermal comfort of elderly women population in living rooms of two long stay nursing homes in Santa Maria, RS. The target audience considered for this study was elderly women over 60 years old. The environmental variables of air temperature, humidity, globe temperature and air velocity, as well as the human variables of clothing and physical work have been collected. The research also measured the thermal sensation and preference of elderly women by means of questionnaire application, in order to evaluate their thermal perception. After data collection, the analytical comfort sensation (predicted mean vote – PMV) and the predicted percentage of dissatisfied (PPD) were calculated. The data analysis was descriptive and comparative between the field study information and the indices determined by the PMV model. The PMV was compared with the real sensation surveyed from the occupants to verify the mutual relation established between these variables, pointing how the model explains or not the data collected. The results indicate that the PMV is not applicable for the thermal comfort evaluation for the population considered in this study. The findings also showed a tendency for the elderly women to feel warmer than the model estimates.
Keywords: Thermal comfort. Elderly women. PMV.

1. INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional deve ser visto como um resultado positivo do crescimento econômico e desenvolvimento tecnológico do século XX, repercutindo também na construção civil, em que, por meio de edificações adaptadas, busca-se atender às necessidades dos idosos e contribuir para o bem-estar, saúde física e mental e melhoria da qualidade de vida. Dentro disto, o conforto térmico pode ser definido como uma sensação humana expressada pela satisfação com o ambiente térmico, que depende de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos (ASHRAE, 2017). Nesse aspecto, verificam-se algumas particularidades em relação ao envelhecimento, quando, de modo geral, o ser humano se torna menos tolerante e menos adaptável às variações climáticas por motivos fisiológicos e comportamentais influenciados pelo seu metabolismo, mesmo quando saudáveis. Assim, cabe à edificação oferecer condições de conforto térmico com estratégias de adaptação ao clima (SATO; GONÇALVES; MONTEIRO, 2014).

A importância do estudo de conforto térmico está baseada na satisfação do usuário, seu bem-estar em se sentir termicamente confortável, no desempenho humano e na conservação de energia. Dificilmente todos os ocupantes de um ambiente se sentirão confortáveis termicamente devido à variação biológica entre as pessoas. O progressivo aumento da população idosa, com previsão de dois bilhões de idosos para o ano de 2050, representando 20% da população mundial (IBGE, 2010), aponta a tendência da participação e maior visibilidade dos idosos na vida social, destacando a importância do idoso, e sua satisfação enquanto usuário dos mais variados espaços. No Brasil, aumentou em 4,8 milhões o número de idosos desde 2012, superando os 30,2 milhões em 2017 (IBGE, 2018). Já em Santa Maria, no censo de 2010, a população idosa contava com 35.931 pessoas, o que representa 13,76% da população do município (IBGE, 2010).

Nesta pesquisa, a avaliação do conforto térmico considera o Modelo de Fanger (PMV – Voto Médio Estimado) normalizado pela ISO 7730 (2005) e ASHRAE (2017), desenvolvido em estudos em câmaras climatizadas, baseado na teoria do balanço de calor entre o corpo e o ambiente (FANGER, 1970). O modelo relaciona variáveis pessoais e ambientais com as condições exigidas para conforto térmico. Desde a publicação da equação do PMV, realizaram-se muitos estudos que avaliavam o conforto térmico no dia-a-dia das pessoas utilizando este método. Algumas pesquisas identificaram discrepâncias entre o modelo e a realidade para diferentes situações e públicos estudados, relacionados a questões como a variação de condições ambientais, adaptabilidade e possibilidade de controle das condições ambientais na edificação pelos ocupantes (NICOL; HUMPHREYS, 2002; BRODAY; XAVIER, 2018). Apesar disso, não há consenso sobre um novo modelo ou complemento que possa corrigir tais discrepâncias de forma satisfatória (VIEIRA et al. 2018). Sendo assim, o PMV ainda é o modelo mais indicado para este tipo de aplicação, sabendo-se da necessidade de outros estudos similares (VAN HOOF; HENSEN, 2006). Em vista disso, esta pesquisa buscou avaliar a aplicação do modelo de Fanger para idosas que moram em residenciais geriátricos na região de Santa Maria/RS, com estudos de campo complementares aos estudos já realizados utilizando o PMV.

O estudo de caso em dois residenciais geriátricos se deu em busca de adquirir maior número de participantes e maior significância estatística para a pesquisa, com um público variado entre os idosos, à medida que a vivência de cada indivíduo reflete também na avaliação do conforto dos ambientes. Dear, Brager e Cooper (1997) afirmam que a adaptação psicológica, dada por diferentes expectativas, também é um componente de adaptação do clima no interior das edificações, além dos ajustes comportamentais, tecnológicos e fisiológicos. A preferência por idosas deve-se ao fato de mulheres viverem mais do que homens. Em 2016, a expectativa de vida dos homens era 72,2 anos, enquanto a das mulheres era de 79,4 anos (IBGE, 2017). Além disso, em estudo de ambiente controlado, Parsons (2002) variou a temperatura do ar enquanto a umidade do ar era constante, com ocupantes de ambos os sexos, utilizando a mesma vestimenta, e observou que as mulheres eram mais sensíveis a temperaturas mais baixas do que os homens, sentindo mais frio. Krüger et al. (2012) estudaram o conforto em espaços abertos com clima temperado, no inverno e verão, mostrando que, na análise dos grupos por faixa etária, a sensibilidade das pessoas mais idosas (acima de 64 anos) é maior tanto para o frio quanto para o calor. Ainda, concluíram que a amostra feminina possui maior sensibilidade ao frio que ao calor, justificando a pesquisa de avaliação de conforto térmico a idosas, considerada a pior situação relacionada ao público alvo.

2. OBJETIVO

Analisar a aplicabilidade do modelo de Fanger na avaliação do conforto térmico da população idosa feminina em três salas de estar de dois residenciais geriátricos de Santa Maria, RS.

3. MÉTODO

Os procedimentos metodológicos baseiam-se em levantamento físico, medições de variáveis ambientais e pessoais, aplicação de questionário, e cálculo do PMV por modelo computacional.

3.1 Caracterização do objeto de estudo

Os residenciais estudados são a Associação Amparo Providência Lar das Vovozinhas (instituição filantrópica que abriga 190 idosas), e o Longevità Casa para Idosos (instituição particular que abriga 9 idosas). Foram pesquisadas três salas de estar, ambientes com maior número de idosas simultaneamente: duas no Lar das Vovozinhas e uma no Longevità. As medições foram realizadas em épocas do ano amenas de frio (agosto e setembro de 2017) e calor (outubro a dezembro de 2017), evitando a necessidade de condicionamento artificial de ar, para que, durante as medições, não ocorressem variações acentuadas nas variáveis ambientais. Os ambientes mantiveram sua configuração inicial para não modificar a aclimatação natural dos usuários.

A edificação do Lar das Vovozinhas possui 2 pavimentos, com paredes em alvenaria e lajes em concreto entre pavimentos e cobertura em telha de zinco. A sala do térreo possui somente uma fachada voltada ao exterior, já a sala do 2º pavimento não possui nenhuma fachada voltada ao exterior. As Figuras 1 e 2 mostram as plantas baixas dos pavimentos, e fotografias dos ambientes pesquisados em cada pavimento.



Figura 1 – (a) Planta baixa do térreo do Lar das Vovozinhas; (b) Sala de Estar A – térreo do Lar.

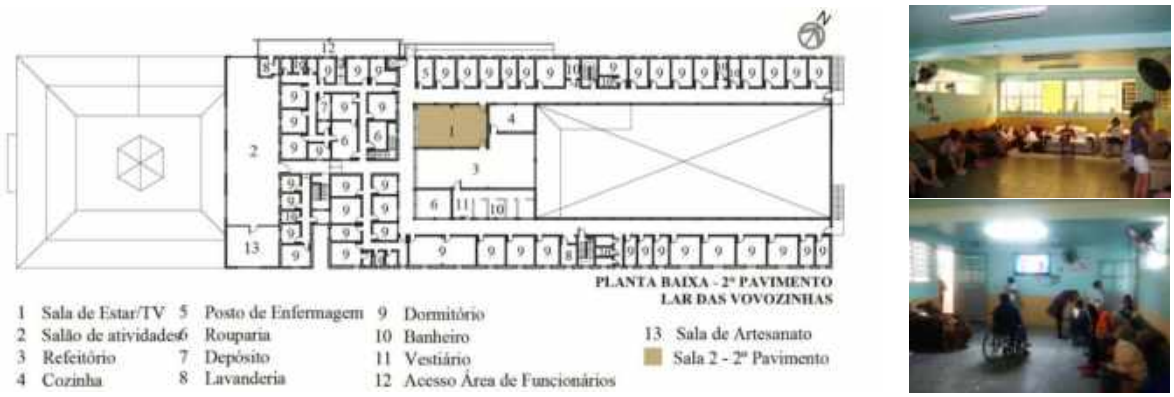

Figura 2 – (a) Planta baixa do segundo pavimento do Lar das Vovozinhas; (b) Sala de Estar B – 2º pavimento do Lar.

A sala de estar do térreo, chamada de Sala de Estar A, tem janelas voltadas a noroeste, para uma área externa coberta, e sudoeste, para uma circulação coberta. Com 20 lugares, possuía um ar condicionado, um ventilador de coluna e um aquecedor que estiveram desligados em todas as medições. A sala de estar do segundo pavimento, chamada de Sala de Estar B, não possui aberturas para a área externa, somente vãos voltados ao refeitório (ventilação permanente), e janelas voltadas aos corredores de circulação. Com 23 lugares, a sala possui três ventiladores, próximos à laje de forro, ligados em algumas medições já que a sala não possui ligação direta com o exterior e circulava pouca ventilação natural.

A edificação que abriga o Longevità Casa para Idosos, com plantas baixas apresentadas na Figura 3, possui dois pavimentos, com cobertura em telha cerâmica e fechamento em platibanda. As paredes são em alvenaria, a laje é em concreto entre pavimentos, e é sombreada por árvores e edificações vizinhas.

A sala de estar do Longevità encontra-se no térreo, chamada de Sala de Estar C, também na Figura , tem janelas para noroeste e sudeste, que abrem para o exterior, recebendo ventilação e iluminação naturais. Com 8 lugares, a sala possui um climatizador móvel, desligado em todas as medições.



Figura 3 – (a) Planta baixa térreo; (b) Planta baixa segundo pavimento; (c) Sala de Estar C do Longevità Casa para Idosos.

Os questionários foram aplicados às idosas no turno da tarde, entre 14h e 17h, uma vez por semana nos meses de agosto a outubro, e uma vez a cada quinze dias nos meses de novembro a dezembro nos três ambientes. Alternou-se o espaçamento entre as aplicações, pois as respostas do questionário estavam se repetindo, e as idosas estavam mostrando-se indispostas pela repetição frequente da atividade.

3.2 Pesquisa de campo

Na coleta de dados, 27 idosas participaram na Sala A, e também 27 idosas na Sala B, já na Sala C somente 7, totalizando 61 idosas participantes da pesquisa. Entretanto, no Lar, por abrigar pessoas necessitadas, havia 8 mulheres com idade abaixo de 60 anos, cujas respostas foram desconsideradas para o cálculo do PMV, e somente 53 idosas se encaixaram no grupo de interesse. Após estudo piloto, elaborou-se o questionário aplicado para avaliar o conforto térmico das idosas, apresentado na Figura 4.



APÊNDICE A – MODELO DE QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO TÉRMICA

Residencial: ..... Data: ..... Horário: .....
Nome: ..... Tempo no lar: .....
Idade: ..... Altura: ..... Peso: .....
Atividade desempenhada antes da pesquisa: .....
Dados meteorológicos: .....

1 – Neste momento, como você está se sentindo (sensação)?
- [ ] Com muito calor
- [ ] Com calor
- [ ] Só com um pouco de calor
- [ ] Em bem-estar
- [ ] Só com um pouco de frio
- [ ] Com frio
- [ ] Com muito frio

2 – Neste momento, como você gostaria de estar (preferência)?
- [ ] Bem mais quente
- [ ] Mais quente
- [ ] Só um pouco mais quente
- [ ] Estou bem
- [ ] Só um pouco mais frio
- [ ] Mais frio
- [ ] Bem mais frio

3 – No inverno, o que você faz para se sentir mais confortável?
- [ ] Liga o ar condicionado/estufa/aquecedor
- [ ] Fecha janelas/portas
- [ ] Muda de lugar no ambiente (cadeira para sofá, fica próxima da janela com sol)
- [ ] Bebe café/chá/bebida quente
- [ ] Toma banho quente
- [ ] Coloca casaco/cobertor/meias/manta de lã
- Outro: .....

4 – No verão, o que você faz para se sentir mais confortável?
- [ ] Liga o ar condicionado
- [ ] Abre as janelas/portas
- [ ] Liga o ventilador
- [ ] Abana-se com leque
- [ ] Muda de lugar no ambiente (sofá para cadeira, fica próxima da janela com vento)
- [ ] Bebe água/suco/bebida gelada
- [ ] Toma banho frio
- [ ] Coloca roupa mais leve
- Outro: .....

5 – Composição de vestimentas que a idosa está utilizando:

Camiseta regata		Suéter manga longa fino	
Camiseta manga curta		Suéter manga longa grosso	
Camiseta manga longa leve		Jaqueta tecido leve	
Camiseta manga longa pesada		Jaqueta tecido pesado	
Saia tecido leve		Jaqueta jeans	
Saia tecido pesado		Casaco lã	
Saia até o joelho algodão		Meia calça	
Saia até o joelho lã		Meia soquete	
Vestido curto sem manga		Meia até o joelho	
Vestido longo sem manga		Colcinha	
Short		Sutiã	
Bermuda até o joelho		Sandálias ou chinelos	
Bermuda abaixo do joelho		Sapatos ou tênis	
Calça tecido leve		Bota cano curto	
Calça jeans		Bota cano longo	
Calça moletom		Gorro/Boné	
Calça lã		Touca de lã	
Calça flanela		Luvas grossas	
Coleta tecido leve		Luvas sem dedos	
Coleta tecido pesado		Manta de lã	
Moletom manga longa		Outro	

Figura 4 – Questionário aplicado na pesquisa.

O questionário, baseado no modelo PMV, forneceu informações sobre a sensação e preferência térmicas das entrevistadas, indicando seu grau de desconforto com as condições momentâneas, além de duas perguntas sobre as alternativas que as idosas utilizam para se sentir mais confortáveis. Abordou-se a importância da fidelidade das respostas.

Antes do questionário, as entrevistadas realizavam atividades leves, de baixa taxa metabólica. Recolheram-se os dados após mais de uma hora do almoço, quando o efeito térmico das refeições estava completo, visto que a produção de calor é alterada nessas condições.

3.2.1 Medições das variáveis pessoais

As variáveis pessoais foram obtidas pelos questionários. No item 5, levantou-se a composição de roupa das idosas em cada dia para posterior cálculo do clo, com valores da ASHRAE (2017) para cada peça do

vestuário. Para as idosas sentadas em poltronas ou sofás, o mobiliário foi considerado para o cálculo, aumentando em 0,2 clo, já que, para pessoas sentadas, a cadeira pode contribuir com um aumento no isolamento de 0 a 0,4 clo (LAMBERTS et al., 2011).

Já para a atividade física, considerou-se cálculo específico da taxa metabólica de cada participante. Não se utilizou a tabela B.1 da ISO 7730 (2005), pois a norma aconselha que, para pessoas idosas, o valor da taxa metabólica é menor do que o estipulado. Coletaram-se informações com as nutricionistas dos estabelecimentos sobre peso, altura e idade. Assim, a taxa metabólica de repouso (TMR) de cada idosa foi calculada pela Equação 1 (MIFFLIN et al., 1990), adotada por apresentar o resultado mais próximo da medição da taxa metabólica por consumo de oxigênio no público alvo.

$$TMR = 9{,}99 \times peso\ (kg) + 6{,}25 \times altura\ (cm) - 4{,}92 \times idade\ (anos) + 166 \times sexo - 161 \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:
TMR é a taxa metabólica em repouso (kcal.dia-1)
Sexo para masculino o valor é 1; para feminino o valor é 0.

A taxa metabólica em repouso (TMR) foi multiplicada por 1,5, referente ao múltiplo do nível de atividade desempenhado - categoria de atividade muito leve (MAHAN; STUMP, 1998). A unidade do gasto energético é em kcal/dia, assim, dividiu-se o resultado por 24 horas, para transformá-lo em kcal/h. Posteriormente, dividiu-se a TMR pela respectiva área da superfície corporal (ADU) de cada idosa. Obteve-se a área da superfície corporal pela Equação de DuBois (Eq. 2) (ASHRAE, 2009). A relação da TMR pela ADU resulta na taxa metabólica total (TMT) em kcal/h.m². Para utilização do dado da TMT, transformou-se o resultado para met, para que fosse possível aplicar a análise com os demais dados.

$$ADu = 0{,}202 \times m^{0{,}425} \times l^{0{,}725} \qquad \text{Equação 2}$$

Onde:
ADu é a área superficial do corpo, ou área de DuBois (m²);
m é a massa do corpo (kg); e
l é a altura do corpo (m).

3.2.2 Medições das variáveis ambientais

As variáveis ambientais medidas foram temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura de globo, convertida posteriormente em temperatura radiante média, verificadas em todos os dias que foram aplicados os questionários. A conversão da temperatura de globo para temperatura radiante média foi feita por meio da Equação 3 (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

$$Trm = [(Tg + 273)^4 + 2{,}5 \times 10^8 \times Va^{0{,}6} \times (Tg - Ta)]^{0{,}25} - 273 \qquad \text{Equação 3}$$

Onde:
Trm é a temperatura radiante média, em °C;
Tg é a temperatura de globo, em °C;
Va é a velocidade do ar, em m/s;
Ta é a temperatura do ar, em °C.

Os instrumentos de medição utilizados foram: três registradores HOBO UX100-023 External Temp/RH data logger (mede temperatura e umidade do ar), anemômetro de palhetas (mede velocidade do ar) e termômetro de globo digital TGD-100 marca Instrutherm (mede temperatura de globo).

Realizaram-se medições preliminares da temperatura de globo (T_{globo}) e velocidade do ar (V_{ar}), já que seriam medidas por equipamentos instalados em cada dia de medição. Evitou-se o centro do ambiente, embora seja o que a norma sugere, pois, principalmente nas salas de estar do Lar, havia grande fluxo de idosas e funcionárias para alimentação, medicação ou banho, o que dificultaria a estabilização do medidor, e também o deixava exposto a possíveis acidentes e quedas. Não houve variação significativa da temperatura de globo, com resultados próximos e diferenças na casa dos décimos após a estabilização do equipamento, adotando-se, assim, um único ponto de medição definitiva. Já a velocidade do ar variava em função das correntes de ar vindas das aberturas e ventiladores, sendo medida em 4 e 6 pontos. Como a V_{ar} não foi medida por equipamento fixo durante o turno de medição, e as leituras eram feitas rapidamente, a medição dessa variável não causou grandes transtornos na circulação e rotina dos ambientes. Após o resultado das medições preliminares, foram estipulados os pontos de coleta de dados das medições definitivas, mostrados nas plantas baixas das Figura 5 e 6, com o posicionamento dos instrumentos de medição das variáveis ambientais e demais equipamentos relativos ao conforto térmico.



Figura 5 – Planta baixa Sala de Estar A (a) e B (b) do Lar: posicionamento dos instrumentos de medição e equipamentos.



Figura 6 – Planta baixa Sala de Estar C do Longevità: posicionamento dos instrumentos de medição e equipamentos.

Conforme a ISO 7726 (1998), a temperatura de globo foi medida na altura de 0,6m, na altura da esfera do equipamento. Após 20 minutos para estabilização do instrumento, fez-se a leitura da temperatura de globo. O termômetro de globo foi locado próximo à parede, no entanto, no Lar das Vovozinhas, nenhuma das salas de estar é voltada diretamente ao ambiente externo, nem incide radiação solar direta. No Longevità, a situação é similar, pois na maior janela do ambiente, onde incidiria radiação solar direta durante a tarde, não acontecia devido ao pequeno afastamento da edificação vizinha de dois pavimentos (1,50m). Assim, a medição realizada neste único ponto é representativa do ambiente, já que não há nenhuma fachada voltada ao ambiente externo recebendo radiação solar direta.

A temperatura do ar e umidade relativa foram medidas por meio de registradores instalados nos ambientes 15 dias antes das medições, registrando dados de 15 em 15 minutos, de agosto a dezembro de 2017. Por norma, os registradores deveriam ser instalados na altura de 60 cm para medir a condição mais próxima da idosa sentada, contudo, não foi possível a instalação nessa altura no Lar, pois a fisioterapeuta orientou que as idosas arrancariam ou mexeriam no equipamento, indicando a instalação na maior altura possível. Os registradores foram instalados na altura de 2,50m, em posições centrais dos ambientes, conforme a Figura 7 (a) e (b) no Lar, e Figura 7(c) no Longevità. No Longevità, era possível a instalação do equipamento na altura indicada por norma, porém, para comparar os resultados, optou-se por manter as mesmas condições nos três ambientes, instalando o registrador na sala C também na altura de 2,50 m.



Figura 7 – (a) Registrador instalado na Sala A; (b) Registrador instalado na Sala B; (c) Registrador instalado na Sala C.

O programa computacional *HOBOware* foi utilizado para acessar os dados dos registradores. Buscando verificar o quanto as medições de temperatura do ar e umidade relativa do ar variavam considerando a diferença de altura de 0,60m, indicado na norma, para 2,50m, altura utilizada para viabilizar a pesquisa, realizaram-se medições teste nas duas alturas, nos três ambientes, à tarde. As leituras foram realizadas 30 minutos depois, com a estabilização do registrador: a temperatura do ar apresentou variação de

0,2ºC a 0,57ºC, e a umidade do ar variação de 0,2% a 0,6%, considerando os três ambientes. A temperatura do ar foi maior na altura de 2,50m, como já se esperava pela maior proximidade com a cobertura, e também pelas correntes de ventilação circularem mais abaixo na altura das esquadrias (2,10m). Como os valores variaram na casa dos décimos, não há grandes discrepâncias nas medições desta variável pela diferença de altura na aplicação do PMV.

O anemômetro foi ligado e posicionado na altura de 0,60m do chão, em 6 pontos próximos as idosas, aguardando a medição estabilizar. Os equipamentos encontravam-se em conformidade com os preceitos da ASHRAE (2017), foram calibrados antes das medições, e permitiram a medição das variáveis ambientais com precisão, nos limites da ISO 7726 (1998), com exceção do anemômetro, que media somente velocidades a partir de 0,8m/s, e, em algumas medições, eram perceptíveis correntes de ar com velocidade inferior, que não foram registradas pelo equipamento.

Após as medições, calcularam-se os índices PMV e PPD pela plataforma online *CBE Thermal Comfort Tool*, disponível no site da Universidade de Berkeley, nos padrões da ASHRAE Standard 55 (ASHRAE, 2017), onde são inseridas as variáveis ambientais e pessoais.

3.2.3 Obtenção dos índices de conforto e análise de dados

A partir dos valores das variáveis ambientais e pessoais, foram obtidos os índices sensação analítica de conforto (PMV) e percentagem estimada de insatisfeitos (PPD). A análise de dados relacionou os dados obtidos em campo e os índices determinados pelo modelo PMV. O PMV é relacionado com a sensação real dos usuários, conseguida por meio dos questionários, com o objetivo de verificar a relação mútua estabelecida entre estes índices, e evidenciar o quanto o modelo é explicativo ou não dos dados levantados.

4. RESULTADOS

Realizou-se a aplicação da pesquisa 26 vezes entre os 3 ambientes de estar, totalizando 240 questionários aplicados. O número de participações válidas foi definido pela subtração das participantes com menos de 60 anos de idade e respostas espúrias. Foram consideradas espúrias as respostas que desviaram do PMV calculado acima do valor de 2,5, em que: se uma participante relatou sensação de muito frio (+3) e seu PMV resultou em uma sensação térmica de -0,5, o desvio verificado é de 3,5, sendo, portanto, invalidado. Dos 240 questionários aplicados, 26 questionários foram respondidos por participantes com idade inferior a 60 anos, e 14 tiveram desvio maior que 2,5, resultando em 200 questionários válidos para o cálculo do PMV.

4.1 Cálculo dos índices PMV e PPD do modelo de Fanger

A Tabela 1 apresenta os resultados médios de cada dia da pesquisa de campo, calculados de acordo com as 200 respostas válidas. A medição refere-se ao dia, ao mês de ocorrência, e à sala de medição. As demais indicações referem-se à taxa metabólica total (TMT), vestimenta (Roupas), temperatura do ar (Ta), velocidade do ar (Va), temperatura média radiante (Tmr), umidade relativa do ar (UR), sensação térmica relatada (Sens.), preferência térmica (Pref.), voto médio estimado (PMV), porcentagem estimada de insatisfeitos (PPD), insatisfeitos reais (I) e desvio (Des.), o qual é a diferença entre o PMV e a sensação.

Tabela 1 Valores médios dos resultados obtidos por medição.

Medição	TMT	Roupas	Ta	Va	Tmr	UR	Sens.	Pref.	PMV	PPD	I (%)	Des
	(met)	(clo)	(°C)	(m/s)	(°C)	(%)				(%)		
28/ago/A	0,82	1,21	24,15	0	23,85	78,94	0,14	-0,29	-0,03	8,43	0	0,17
28/ago/B	0,82	0,96	25,47	0,10	25,73	79,86	0,67	-0,11	0,02	12,78	11,11	0,64
04/set/A	0,80	0,98	27,67	0	27,50	56,65	0,91	-0,36	0,63	15,00	27,27	0,28
04/set/B	0,77	0,84	30,44	0,36	28,74	50,48	1,00	-0,40	0,78	23,00	40	0,22
06/set/C	0,86	1,16	22,55	0	22,27	70,13	0,33	-0,33	-0,45	10,00	0	0,78
18/set/A	0,78	1,46	21,05	0	21,63	69,32	-0,33	0,33	-0,83	22,67	0	0,50
18/set/B	0,80	1,28	22,36	0	21,33	64,07	0,00	0,29	-0,79	21,00	0	0,79
19/set/C	0,80	1,52	21,88	0	21,80	78,12	-0,25	0,25	-0,51	22,50	0	0,26
25/set/A	0,79	1,13	23,32	0	23,85	82,95	-0,13	0,13	-0,44	13,20	6,67	0,31
25/set/B	0,79	1,01	25,80	0	24,60	75,21	0,44	-0,33	-0,04	8,56	11,11	0,48
26/set/C	0,77	0,86	25,91	0	25,80	73,99	0,25	-0,25	-0,25	9,50	0	0,50
02/out/A	0,80	1,13	21,87	0	22,40	48,76	-0,40	0,40	-1,20	39,20	0	0,80
02/out/B	0,78	1,21	21,78	0	22,07	53,18	-0,40	0,80	-1,19	38,80	0	0,79
03/out/C	0,77	1,03	22,21	0	22,20	41,01	0,00	0,00	-1,64	57,25	0	1,64
16/out/C	0,77	1,37	22,75	0	23,05	70,61	0,25	-0,25	-0,55	16,00	0	0,80

23/out/A	0,80	1,24	22,36	0	20,97	39,04	-0,40	0,53	-1,19	37,20	6,67	0,79
23/out/B	0,79	1,23	26,63	0	22,60	33,75	0,00	0,17	-0,84	22,17	0	0,84
06/nov/A	0,80	1,22	24,21	0	24,49	49,49	-0,07	0,07	-0,28	8,40	0	0,22
06/nov/B	0,81	1,01	24,04	0	25,45	49,83	0,00	0,33	-0,47	13,67	0	0,47
10/nov/C	0,78	0,96	25,66	0	24,90	50,82	1,25	-0,75	-0,46	9,50	50	1,71
20/nov/A	0,78	0,98	26,31	0	25,80	38,81	0,13	-0,06	-0,24	7,56	0	0,36
20/nov/B	0,80	0,83	26,34	0,82	31,03	35,41	0,17	0,17	-0,74	17,00	33,33	0,90
04/dez/C	0,75	1,03	24,32	0	23,25	73,48	-0,33	0,00	-0,08	18,33	0	-0,25
11/dez/A	0,77	0,75	27,49	0	28,37	34,95	0,30	-0,20	-0,02	6,10	10	0,32
11/dez/B	0,80	0,76	29,96	0,20	28,29	28,73	0,63	-0,38	0,44	15,13	25	0,19
15/dez/C	0,78	0,57	29,85	0	31,20	47,32	1,50	-0,75	1,14	33,00	50	0,36

Para a correlação, apresentada no gráfico da Figura 8Figura , considerou-se os valores médios dos 26 pontos, de cada um dos dias de medições. A reta desenhada representa a perfeita correlação entre as variáveis PMV e sensação térmica real, onde os pontos acima da reta indicam que os indivíduos relatam sentir mais calor do que o modelo prevê, e os pontos abaixo da reta indicam que os indivíduos relatam sentir mais frio.

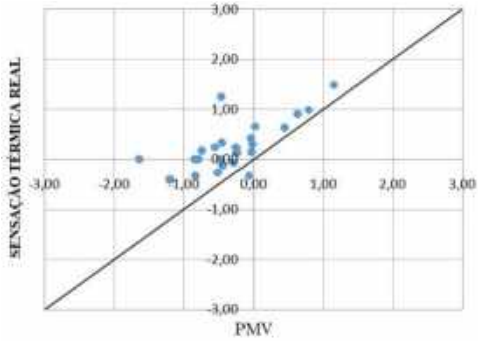

Figura 8 - Gráfico de correlação dos valores médios do PMV e as sensações térmicas médias.

Os valores de sensação térmica médios são, em sua maioria, localizados acima da reta. Dos 26 pontos, 25 foram plotados acima da reta (96,15%), e 1 ponto localiza-se abaixo da linha (3,85%). Dessa forma, a maioria dos valores das correlações desse grupo são superiores aos valores da reta do PMV, o que aponta que as idosas relataram sentir mais calor do que o modelo estima. A análise de correlação apresentou um coeficiente de correlação (r) igual a 0,7480 e um coeficiente de adequabilidade ou determinação (R^2) igual a 0,5595. Isto indica que 55,95% das variações das sensações térmicas relatadas são explicadas pelo modelo PMV. Deste modo, 44,05% dos valores não são explicados pelo modelo, considerando idosas em atividade estacionária localizadas na região estudada, observa-se que o modelo PMV não estima plenamente a condição térmica. Considera-se a porcentagem explicada pelo modelo PMV elevada, tendo em vista a comparação de dados obtidos em pesquisa de campo e condições ambientais variáveis com um modelo desenvolvido em laboratório e fatores físicos ambientais controlados e homogêneos. Entretanto, não há uma distribuição homogênea dos pontos médios no gráfico em relação à reta, os pontos concentram-se na parte superior, indicando que as idosas se sentem mais aquecidas do que o modelo prevê.

De acordo com pesquisadores (NICOL; HUMPHREYS, 2002), as diferenças encontradas entre o modelo e a aplicação no cotidiano das pessoas podem ser devido a erros sistemáticos, mas também devem ser consideradas as imprecisões na estimação da taxa metabólica e do isolamento das vestimentas, assim como as possíveis influências psicológicas no ambiente estudado, que podem afetar as respostas dos ocupantes para o ambiente térmico. Nesta pesquisa, não se utilizou a taxa metabólica tabelada da ISO 7730 (2005). Entretanto, embora os valores calculados estimem com maior exatidão a taxa metabólica, a aplicação do modelo PMV é indicada para a faixa de 0,8 a 4 met (46 a 232 W/m²), e várias idosas tiveram suas taxas metabólicas calculadas inferiores a este parâmetro, com valor mínimo de 40W/m².

O isolamento térmico da vestimenta utilizada pelas idosas não implica em uma variável com grandes imprecisões, pois as participantes utilizavam vestimentas convencionais. Além disso, considerou-se a influência do mobiliário e também cobertores. A aplicação do modelo PMV é indicada para a faixa de 0 a 2 clo, em que todas as pesquisadas se enquadram neste parâmetro. Somente uma idosa no dia 19 de setembro na Sala C, que utilizava cobertor sobre o corpo, sentada em uma poltrona, que obteve 2,24 clo.

A faixa de temperatura do ar de 10 a 30°C foi atendida nos ambientes internos na maioria dos dias do período pesquisado, assim como a velocidade do ar, que se concentrou na faixa de 0 a 1 m/s, conforme indicado para aplicação do modelo. Dos 44,05% dos dados que não se explicam pelo modelo PMV, a imprecisão na velocidade do ar pode ter sido um limitador da pesquisa. Às vezes, na sala C, sentia-se uma

leve corrente de ar, porém o equipamento não registrava por ser pouco sensível. Outra dificuldade que pode ter contribuído com a imprecisão dos resultados foi o posicionamento do termômetro de globo. A norma aconselha posicioná-lo no centro do ambiente, e devido ao grande fluxo de pessoas e idosas no Lar das Vovozinhas, este posicionamento foi inviável.

As dificuldades em obter respostas precisas para as sensações térmicas são consideradas, tratando-se de idosas em residenciais, pois as sensações térmicas também podem ser influenciadas por hábitos de vida. Mesmo em dias com temperaturas elevadas, as idosas do Lar ainda relatavam estar confortáveis, possibilidade estudada devido a costumes, já que elas podem ter vivido condições mais extremas de calor ou desconforto. Já no Longevità, por ter ventilação natural, o desconforto por calor foi menos percebido, embora as idosas fossem mais exigentes com as condições térmicas do ambiente. Em sua maioria, as idosas residentes do Longevità foram tiradas de um ambiente familiar com maior conforto para irem ao residencial, já as idosas do Lar das Vovozinhas saíram de uma condição ambiental mais precária antes, o que pode influenciar a percepção ambiental das idosas.

A distribuição dos pontos médios no gráfico aponta a tendência de as idosas sentirem-se mais aquecidas do que o modelo estima. Culturalmente, espera-se que os idosos sintam mais frio do que adultos, justamente porque há a redução da atividade metabólica e os mecanismos decorrentes do processo de envelhecimento. Porém, acredita-se que o resultado obtido nesta pesquisa, o qual sugere que as idosas sintam mais calor do que o modelo prevê, pode ser justificado pela maior tolerância em relação ao frio das idosas, decorrentes da vivência que passaram e dos hábitos de vida. É considerada a possibilidade de desconforto cultural, observando que se têm resultados diferentes quando se compara o conforto ambiental em países desenvolvidos e países em desenvolvimento. A pesquisa teve 200 respostas válidas, e destas, 170 respostas foram do Lar das Vovozinhas, e 30 respostas do Longevità, observando que a maioria dos resultados se deu em função dos ambientes do Lar. O modelo PMV relaciona-se com o perfil socioeconômico das idosas, pois este pode influenciar na sensação térmica de determinado ambiente, considerando suas vivências.

Além disso, o clima temperado do sul do Brasil caracteriza-se por verões bem quentes e invernos bem frios. Contudo, no ano de 2017, não foram registradas temperaturas muito baixas no inverno, podendo justificar a sensação relatada pelas idosas de sentir mais calor do que o modelo prevê, já que estavam aclimatadas e esperando o frio naquela situação. Nicol e Humphreys (2002) relatam que a aclimatação fisiológica também afeta a tolerância das pessoas a uma condição térmica que difere da preferida.

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa buscou verificar se as condições de conforto térmico de idosas, com 60 anos ou mais, que residem em dois residenciais geriátricos na cidade de Santa Maria, região central do Rio Grande do Sul, podem ser avaliadas pelo Modelo de Fanger. Examinou-se a adequação de um dos principais métodos de avaliação das condições de conforto térmico para a determinação das reais sensações de conforto de idosas, apontando se a sensação térmica percebida na terceira idade é diferenciada, já que com o envelhecimento, o organismo apresenta uma taxa metabólica de produção de calor mais baixa. Na aplicação do modelo, a análise de correlação das sensações relatadas pelas idosas com o PMV indicou que 55,95% das variações das sensações térmicas reais são explicadas pelo modelo PMV, porcentagem considerada elevada. Entretanto, verificou-se que não há uma distribuição homogênea dos pontos médios no gráfico de correlação entre a variável sensação real x PMV em relação à reta. Os pontos concentram-se na parte superior da reta (96,15% ficaram acima da reta), indicando que as idosas se sentem mais aquecidas do que o modelo prevê. Nessa situação, nenhum ponto ficou localizado sobre a reta, o que indicaria a correlação perfeita das variáveis. Portanto, o modelo PMV não é aplicável com precisão para a avaliação de conforto térmico às idosas em atividade estacionária (sentadas, quietas), considerando a população pesquisada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Standard 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2017.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Handbook Fundamentals**: Thermal Comfort. Capítulo 9. Atlanta, 2009.

BRODAY, E. E.; XAVIER, A. A. de P. **A systematic literature review on Thermal Response Votes (TSV) and Predicted Mean Vote (PMV)**. In: ARESEZ, P. M.; BAPTISTA, J. S.; BARROSO, M. P.; CARNEIRO, P.; CORDEIRO, P.; COSTA, N.; MELO, R. B.; MIGUEL, A. S.; PERESTRELO, G. Occupational Safety and Hygiene VI. Londres: Taylor and Francis Group, 2018, p. 13-18.

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

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Agência de Notícias.** Em 2016, expectativa de vida era de 75,8 anos. Dez. 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/18470-em-2016-expectativa-de-vida-era-de-75-8-anos.html>. Acesso em: dez. 2017.

_____. **Agência de Notícias**. Número de idosos cresce 18% em 5 anos e ultrapassa 30 milhões em 2017. Abr. 2018. Estatísticas Sociais. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/20980-numero-de-idosos-cresce-18-em-5-anos-e-ultrapassa-30-milhoes-em-2017.html>. Acesso em: maio 2018.

_____. **Agência de Santa Maria**, Censo/2010, informações disponibilizadas em maio, 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726**: Ergonomics of the thermal environment - Instruments and methods for measuring physical quantities. Geneva International Standards Institution, 1998.

_____. **ISO 7730**: Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, Geneva International Standards Institution, 2005.

KRÜGER, E. L.; DRASH, P. R. C.; EMMANUEL, R.; CORBELLA, O. D. Estudo de conforto em espaços abertos em região de clima temperado: o caso de Glasgow, Reino Unido. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 7-25, 2012.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A.; GOULART, S.; VECCHI, R. **Conforto e stress térmico.** Florianópolis: Apostila – Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Eletrobras/Procel, 2014.

MAHAN, L. K.; STUMP, S. E. **Krause:** Alimentos, Nutrição e Dietoterapia. São Paulo: Editora Roca, 1998.

MIFFLIN, M. D.; ST JEOR, S. T.; HILL, L. A.; SCOTT, B. J.; DAUGHERTY, S. A.; KOH, Y. O. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. **Am. J. Clin. Nutr.** 51 (2):241-7. Feb. 1990.

NICOL, J. F.; HUMPHREYS, M. A. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. **Energy and Buildings,** v. 34, n. 6, p. 563-572, 2002.

PARSONS, K. C. The Effects of Gender, Acclimation State, the Opportunity to Adjust Clothing and Physical Disability on Requirements for Thermal Comfort. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 593-599, 2002.

SATO, A. E.; GONÇALVES, F. L. T.; MONTEIRO, L. M. Resiliência às mudanças climáticas: conforto térmico de idosos em unidades residenciais. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC 2014, Maceió. **Anais**... p. 153-162. Maceió, 2014.

VAN HOOF, J.; HENSEN, J. L. M. **Thermal Comfort and Older Adults**. Netherlands: Gerontechnology. 4 (4) p.223-228, 2006.

VIEIRA, E. M. A.; SILVA, J. M. N. da; LEITE, W. K. dos S.; TORRES, M. G. L.; SILVA, L. B. da. Comportamento de modelos adaptativos de conforto térmico frente ao modelo de Fanger em intensivistas adaptados ao clima tropical. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 479-490, jan./mar. 2018.