XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO EM APARTAMENTOS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL. ESTUDO DE CASO: BNH DE SANTOS

EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL. ESTUDIO DE CASO: BNH DE SANTOS

EVALUATION OF THERMAL COMFORT IN SOCIAL INTEREST HOUSING APARTMENTS. CASE STUDY: BNH DE SANTOS

Conforto Térmico / *Confort Térmico / Thermal Comfort*

Garcia, Thiago dos Santos
Doutorando, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, t226711@dac.unicam.br

Labaki, Lucila Chebel
Doutora, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, llabaki@gmail.com

Prado, Racine Tadeu Araujo
Doutor, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, racine.prado@usp.br

Resumo

Aspectos de conforto térmico em Habitações de Interesse Social em alguns casos não consideram análises criteriosas que proporcionem ao usuário um modelo ideal de habitação no que se refere aos aspectos de conforto térmico. O objetivo deste trabalho é identificar se os apartamentos do Conjunto Habitacional "Castelo Branco" - BNH de Santos-SP - proporcionam aos seus moradores um estado de conforto térmico. O objetivo desta pesquisa é verificar se os usuários dos apartamentos do conjunto BNH de Santos se encontram dentro dos padrões de conforto térmico estabelecidos pela ASHRAE 55, dos usuários através de uma avaliação pós ocupação e comparados ao software Energyplus. Os resultados mostram que que os apartamentos possuem temperaturas mais elevadas do que seria a condição ideal de conforto.

Palavras-chave: Conforto Térmico; Conforto Ambiental, Simulação de conforto térmico; Habitação de Interesse Social.

Resumen

Los aspectos de confort térmico en Viviendas de Interés Social en algunos casos no consideran análisis cuidadosos que proporcionen al usuario un modelo ideal de vivienda en cuanto a aspectos de confort térmico. El objetivo de este trabajo es identificar si los apartamentos del Conjunto Habitacional "Castelo Branco" – BNH en Santos-SP – proporcionan a sus residentes un estado de confort térmico. El objetivo de esta investigación es verificar si los usuarios de los apartamentos del complejo BNH en Santos están dentro de los estándares de confort térmico establecidos por la ASHRAE 55, de los usuarios a través de una evaluación post ocupación y comparado con el software Energyplus. Los resultados muestran que los apartamentos tienen temperaturas más altas que las que serían la condición ideal de confort.

Palabras clave: Confort Térmico; Confort ambiental, simulación de confort térmico; Vivienda Social.

Abstract

Thermal comfort aspects in Social Housing in some cases do not consider careful analyses that provide the user with an ideal housing model in terms of thermal comfort aspects. The objective of this work is to identify whether the apartments of the Housing Complex "Castelo Branco" - BNH of Santos-SP - provide their residents with a state of thermal comfort. The objective of this research is to verify whether the users of the apartments of the BNH of Santos complex are within the thermal comfort standards established by ASHRAE 55, of the users through a post-occupancy evaluation and compared to the Energyplus software. The results show that the apartments have higher temperatures than would be the ideal comfort condition.

Keywords: Thermal Comfort; Environmental Comfort; Thermal Comfort Simulation; Social Housing.

INTRODUÇÃO

O Conjunto Habitacional (BNH) Humberto de Alencar Castelo Branco possui uma população próxima de 40 mil habitantes. Localizado no bairro Aparecida no município de Santos, contempla 3.280 apartamentos que foram entregues no ano de 1961.

Dadas às restrições econômicas dos usuários, entende-se que, em Habitações de Interesse Social (HIS), deva haver uma preocupação com a qualidade e o conforto do ambiente para que haja relevância para a satisfação dos usuários, já que as possibilidades de adaptação dos moradores desta tipologia habitacional são limitadas ou nulas em alguns casos. Em busca dos limites físicos e individuais, para que atinjam níveis satisfatórios de conforto do ser humano em seu meio, diversas pesquisas na área de conforto ambiental trabalham com índices de modelos preditivos e adaptativos, que relacionam variáveis para prever, com maior precisão, as condições que os usuários estariam confortáveis em determinados ambientes.

O conforto térmico é influenciado por uma série de critérios ambientais e fatores subjetivos. Os critérios ambientais são compostos pela temperatura do ar, temperatura das superfícies, movimento do ar, umidade relativa do ar e taxa de troca da ventilação natural. O conforto térmico dependerá também da atividade exercida e das roupas utilizadas pelo usuário, além da idade, estado de saúde, sexo e adaptação ao ambiente local e clima. Outros fatores como ambientes aglomerados e subocupação também podem influenciar os aspectos de conforto interno.

Tem sido demonstrado que o clima exerce uma forte influência no comportamento de uma pessoa exposta a um ambiente térmico, portanto, as condições climáticas interferem nas variáveis térmicas de cada indivíduo (vestuário, posição e taxa metabólica) e o uso do edifício controlado (BRAVO; GONZÁLEZ, 2013).

O clima de uma dada região é determinado pelos padrões de variações de vários elementos e suas combinações. Os principais elementos climáticos, quando o conforto humano e projeto de construção está sendo consideradas, são a radiação solar, temperatura do ar, umidade, vento e precipitação (GIVONI, 1976).

Segundo Akutsu (1998), no Brasil predominam as situações onde o conforto térmico deve ser equacionado para as condições de verão. Neste caso, não basta adotar o mesmo procedimento utilizado para as condições de inverno, baseado no parâmetro "resistência térmica" ou no "coeficiente global de transmissão de calor", simplesmente invertendo-se o sentido do fluxo de energia, ou seja, supondo que o objetivo seja apenas reduzir os ganhos de energia por condução proveniente do ambiente externo

Idosos, crianças e pessoas com doenças respiratórias e cardiovasculares crônicas são mais suscetíveis aos perigos da exposição prolongada ao calor excessivo do que jovens e adultos saudáveis (HARLAN et al, 2006, apud MCGEEHIN & MIRABELLI, 2001). A figura 1 mostra a morfologia urbana do entorno que envolve a atual área do BNH de Santos. Observa-se que houve uma significativa mudança na paisagem nesta região da cidade, resultante da verticalização urbana proposta pela cidade de Santos. Para que se fossem avaliadas as opiniões dos usuários, referentes as condições de conforto ambiental do BNH de Santos, aplicou-se uma Avaliação Pós Ocupação nos usuários locais. Segundo Romero e Ornstein (2003) A Avaliação Pós-Ocupação (APO) é um processo sistematizado e rigoroso de avaliação de edifícios, passado algum tempo de sua construção e ocupação.

Para este trabalho foram avaliados apartamentos multifamiliares instalados no Conjunto BNH de Santos, por apresentarem características críticas de ocupação no interior dos apartamentos, onde em muitos casos, e dependendo do período do ano, não atendem as solicitações básicas de conforto térmico sugerido como estratégia de projeto pela ASHRAE 55.

Figura 1: Morfologia do entorno da área do BNH de Santos.



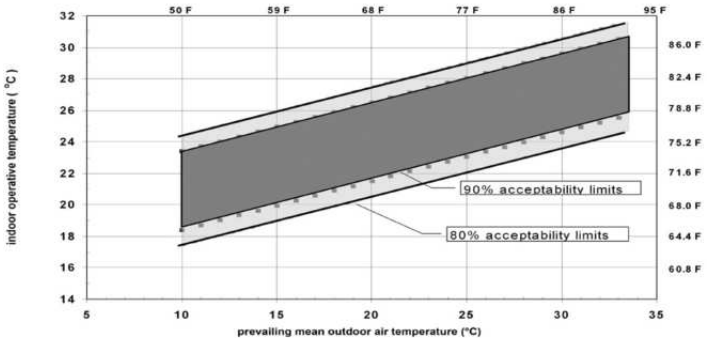
Fonte: Autor (2015).

Considerando as discussões que envolvam a questão habitacional em um determinado país, devem-se analisar aspectos socioeconômicos junto a aspectos técnicos na elaboração dos projetos destas tipologias. Por se tratar destas discussões, este trabalho aborda questões técnicas necessárias à discussão sobre o conforto térmico que devam ser considerados prioritários aos usuários do BNH "Castelo Branco" da cidade de Santos-SP.
O objetivo desta pesquisa é verificar se os usuários dos apartamentos do conjunto BNH de Santos se encontram dentro dos padrões de conforto térmico estabelecidos por normas e métodos brasileiros e internacionais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para esta etapa da pesquisa utilizamos uma metodologia experimental, onde foram avaliadas as respostas referentes à APO demonstrando os resultados através de gráficos e tabelas, identificando os problemas definidos pelos próprios moradores; cotejar os resultados de medições realizadas *in loco* de parâmetros de conforto com as prescrições de normas nacionais e internacionais de conforto térmico. Também se utilizou a Norma ASHRAE 55 (2023).
De acordo com a ASHRAE 55 (2023), para pessoas que vivem em ambientes naturalmente ventilados e estão aclimatadas a este tipo de ambiente, sugere-se um método para avaliação de conforto, denominado conforto adaptativo, onde os ocupantes têm a possibilidade de atuar sobre as aberturas (janelas) e sua vestimenta. Para que esta zona de conforto exista é necessário que a temperatura média mensal externa esteja em uma faixa de 10°C a 33,5°C. Existe ainda um intervalo de tolerância para a temperatura operativa ideal de conforto, considerando condições de conforto PPD (*Predicted percentage dissatisfied*) para 90% ou 80% dos ocupantes do ambiente, conforme demonstrado no gráfico 1.

Gráfico 1: Temperatura operativa aceitável para espaços naturalmente condicionados. Fonte: ASHRAE 55 (2013)



Inicialmente foi realizada uma avaliação de satisfação por parte dos usuários, por meio de um questionário com 18 questões referentes ao conforto térmico no interior dos apartamentos, escalonados em uma pontuação entre muito frio e muito quente.

Além da APO, foram medidas as áreas e pé direito dos cômodos onde seriam feitas as coletas dos dados térmicos, com a finalidade de identificar os tamanhos dos apartamentos, em metros quadrados, relacionados ao número de pessoas que ali habitavam. Para a coleta de dados utilizou-se um confortímetro. O passo seguinte foi avaliar o posicionamento das fachadas a serem estudadas, através de bússolas e imagens aéreas, identificando assim o norte verdadeiro para as análises.

Sabe-se que para a análise da ventilação natural nos edifícios, a distribuição da pressão do vento sobre a superfície de uma construção depende da forma do edifício, da velocidade do vento e a direção em relação à edificação, além da localização do edifício e seu entorno.
O BNH de Santos está inserido dentro de uma malha urbana adensada por edificações verticais maiores, ocorrendo desta forma uma queda na velocidade média do vento proveniente da praia, principalmente em função da obstrução ocorrida pela existência de um Shopping.
A figura 2 mostra a localização do complexo com seus respectivos conjuntos e, indicando a localização de um *Shopping Center* construído há aproximadamente uma década. A construção do Shopping influenciou diretamente no bloqueio da ventilação natural, sendo a falta de ventilação natural local uma das mais significativas queixas dos moradores do BNH.

Figura 2: Morfologia do entorno da área do BNH de Santos.



Fonte: Adaptado Google Earth, (2015).

Para o levantamento quantitativo da análise das condições ambientais dos apartamentos do BNH, utilizou-se um confortímetro. O confortímetro é constituído por um tripé, hastes para apoio das sondas, cabos, sondas para medição dos parâmetros ambientais e de desconforto local, além de um *datalogger* para armazenamento de dados.
Para que se realizasse uma análise comparativa entre os registros das variáveis ambientais e as temperaturas das superfícies do ambiente medidas pelo confortímetro e o termômetro, respectivamente, utilizou-se o software Energyplus.

O modelo utilizado para a simulação fundamentou-se em princípios de balanço energético, os mesmos dados coletados na medição *in loco* com o confortímetro foram adaptados ao software com o objetivo de fazer uma análise comparativa de desempenho entre o software e os resultados determinados pelo aparelho.

As características construtivas do BNH, demonstradas na tabela 1, os dados climáticos da cidade de Santos e os resultados identificados nas medições *in loco* pelo confortímetro, foram inseridas no Banco de Dados no software Energyplus, para que as simulações feitas no mesmo período anual pudessem ser comparadas com maior precisão.

Tabela 1: Características dos materiais componentes das paredes externas, piso e laje.

Descrição	e(m)	λ((W/(m.K))	d (Kg/m³)	c (J/Kg°C)
Concreto Comum	0.20	1,28	2000	1005
Piso cerâmico	0.005	0,46	Variável	837
Argamassa de cal e cimento (ou de cimento)	0.015	0,85	1800	754
Vidro simples	0,004	0,8	2200	667
Telha de fibrocimento	0,01	0,65	1600	1005
Tijolo cerâmico	0,15	0,7	1300	920
Alumínio	0,001	230	2700	900

Fonte: adaptada da NBR 15.220-3/2005.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

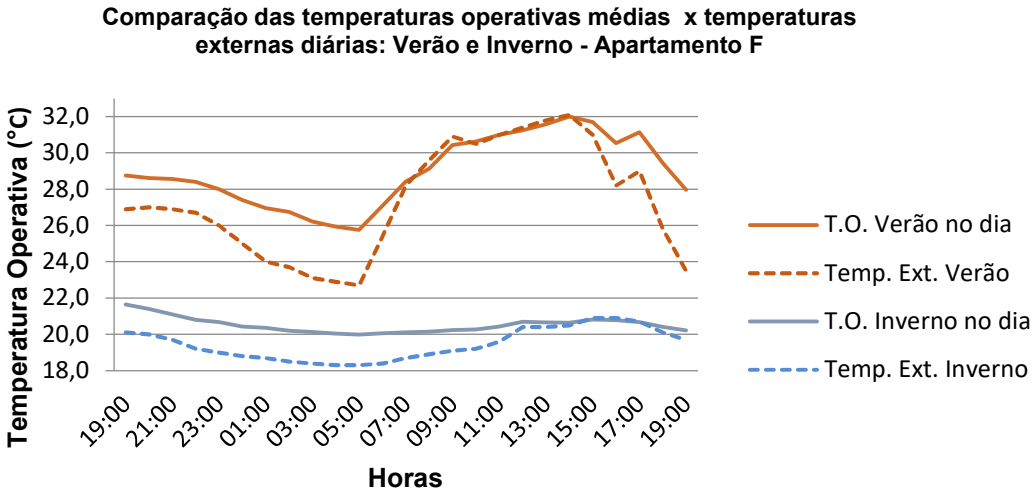
De acordo com a ASHRAE Handbook Fundamentals (ASHRAE, 2023) se define temperaturas operativas internas que variam entre 22,5°C e 25,5°C (para umidade relativa acima de 65%).

De acordo com os resultados apresentados mais críticos definidos pelos usuários, existe uma tendência à sensação térmica definida dos apartamentos, em geral, serem mais

quentes, onde 52,8% dos usuários definem os apartamentos com sensação térmica quente, 17% definem que existe neutralidade térmica e 30,2% definem que os apartamentos tendem a ser mais frios ao longo do ano.

Ao longo de um ano, foram realizadas medições de 24 horas de duração nos apartamentos F e G. Estas medições foram realizadas para comparar o desempenho da temperatura operativa no interior dos apartamentos e as temperaturas externas nos dias das medições, para desta forma identificar se os apartamentos avaliados estariam em conforto térmico no verão e no inverno, conforme os parâmetros da ASHRAE 55 (2023). A figura 3 mostra os resultados do apartamento F.

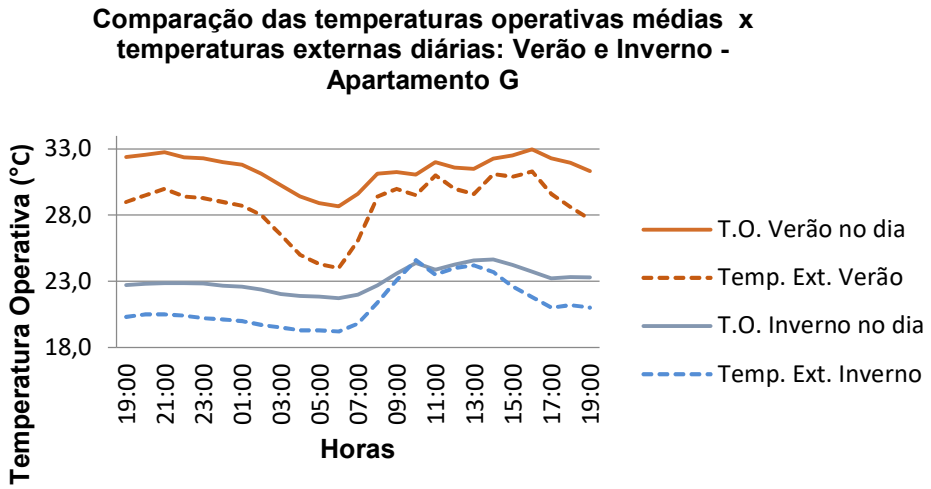
Figura 3: Medição de 24 horas da Temperatura Operativa entre verão e inverno do apartamento F.



Fonte: Do autor, 2015.

O resultado da medição realizada no verão mostra que existe uma justaposição das temperaturas externa e operativa entre 07:00 hs e 14:00 hs. Os resultados mostram que durante o verão e inverno, esse apartamento não se encontra em zona de conforto, segundo parâmetros da ASHRAE.

Figura 4: Medição de 24 horas da Temperatura Operativa entre verão e inverno do apartamento G.



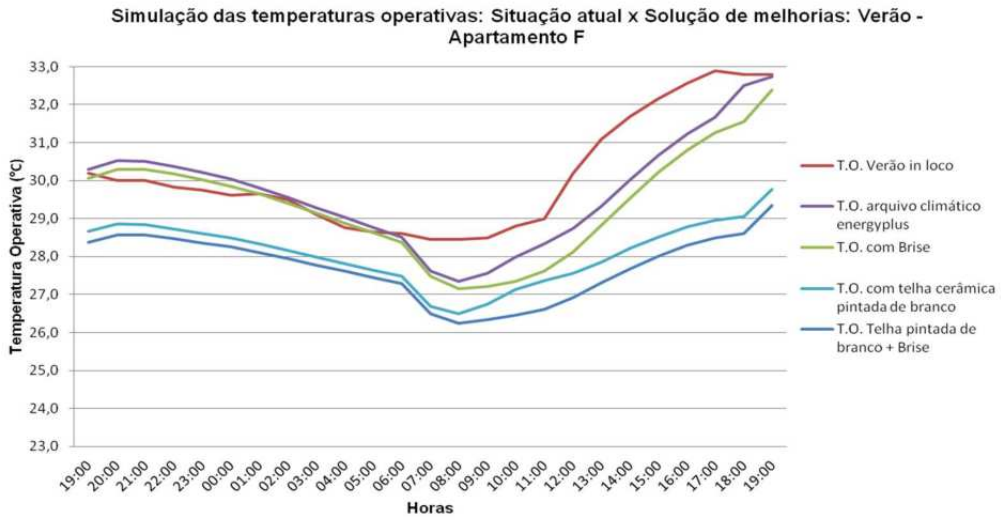
Fonte: Do autor, 2015.

A figura 4 mostra os resultados do apartamento G. Foi observado que, durante o verão, a faixa de conforto térmico ocorre no período entre 06:00 hs e 07:00 hs, permanecendo o restante do dia em zona de desconforto térmico. Durante a medição de inverno, a temperatura operativa permaneceu sempre dentro da zona de conforto térmico.

Foram simulados, no software Energyplus, dois apartamentos de cobertura do BNH de Santos, os Apartamentos F e G, de fachadas opostas. A primeira solução é a troca das atuais telhas de fibrocimento por telhas cerâmicas pintadas de branco e a segunda, a instalação de brises de 70 cm nas janelas. As simulações das temperaturas dos apartamentos foram realizadas com as temperaturas operativas do mesmo dia das temperaturas operativas medidas *in loco*.

A figura 5 mostra os resultados entre as temperaturas operativas medidas *in loco* e as temperaturas simuladas para o apartamento F. Primeiramente observa-se que, existe um desvio maior entre as curvas da temperatura operativa real e a temperatura simulada entre os horários das 07:00 hs e 17:00 hs.

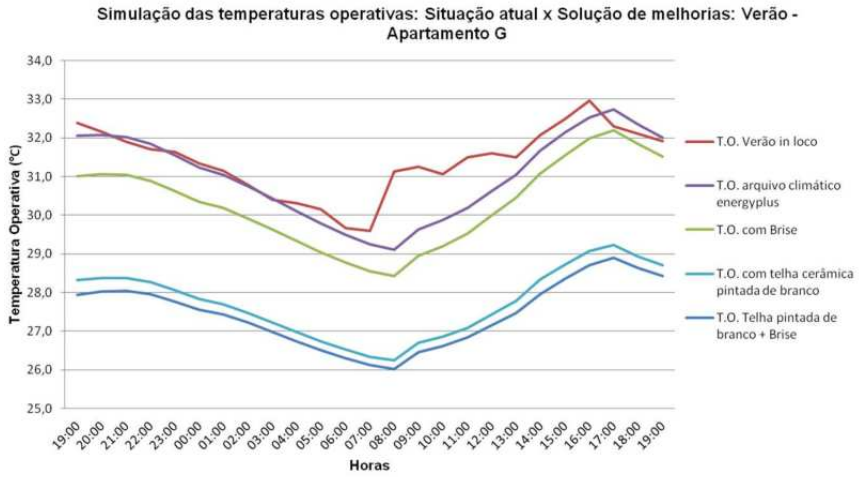
Figura 5: Simulação das temperaturas operativas do apartamento F com proposta de melhorias.



Fonte: Do autor, 2015.

Partindo da validação da temperatura operativa gerada pelo arquivo climático, quando são inseridas as duas propostas de melhorias, brises e telhas cerâmicas pintadas de branco, observa-se uma queda nas temperaturas operativas. Com a implantação somente dos brises, observa-se uma diferença menor entre as temperaturas simuladas. Quando são simuladas as duas soluções juntas à variação média da diferença entre as temperaturas caem 2,0°C, com desvio entre as curvas atingindo 3,9°C. A figura 6 mostra os resultados entre as temperaturas operativas medidas *in loco* e as temperaturas simuladas para o apartamento G. Primeiramente observa-se que, existe um desvio maior entre as curvas da temperatura operativa real e a temperatura simulada entre os horários das 08:00 hs e 12:00 hs.

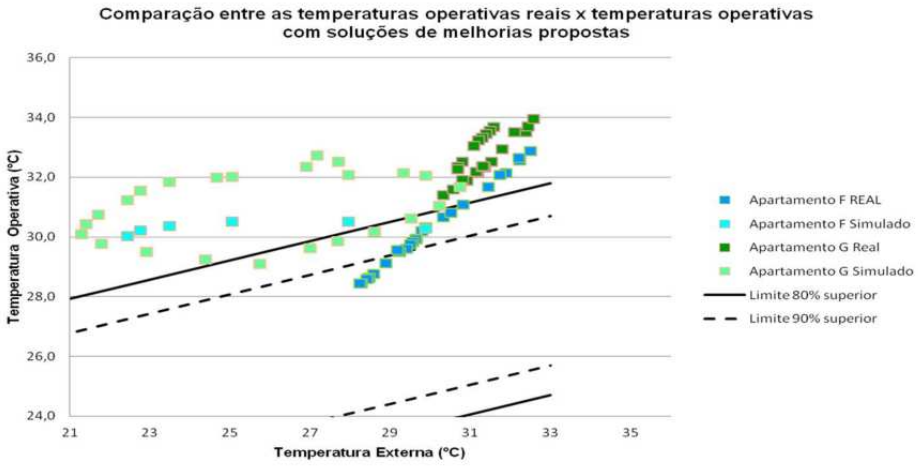
Figura 6: Simulação das temperaturas operativas do apartamento F com proposta de melhorias.



Fonte: Do autor, 2015.

Com a implantação somente dos brises, observa-se uma diferença menor entre as temperaturas simuladas, com uma variação média de 0,7°C; e com a implantação somente das telhas cerâmicas pintadas de branco a diferença aumenta para uma variação média de 3,3°C podendo reduzir a temperatura pontualmente em até 3,7°C. Quando são simuladas as duas soluções juntas à variação média da diferença entre as temperaturas caem 3,6°C, com desvio entre as curvas atingindo 4,1°C. Um dos fatores que possivelmente colaboraram com a atenuação das temperaturas operativas nos apartamentos, ao substituir as telhas de fibrocimento por telhas cerâmicas pintadas de branco, é que a telha cerâmica possui melhor desempenho com relação à absortância solar (α).

Figura 7: Simulação das temperaturas operativas do apartamento F com proposta de melhorias.



Fonte: Do autor, 2015.

Comparando A figura 7 mostra os resultados das temperaturas operativas medidas in loco e as temperaturas operativas simuladas com os novos materiais. Observa-se, em ambos os apartamentos, predominantemente ocorre uma queda nas temperaturas operativas internas.

CONCLUSÕES

Ao comparar os resultados do conforto térmico no interior dos apartamentos, foram registrados estados de desconforto térmico durante os dias frios e dias quentes. Os apartamentos F e G, por serem apartamentos do último pavimento, com o telhado exposto a radiação solar, em todas as medições apresentaram-se nos meses de verão com temperaturas operativas elevadas, proporcionando desconforto térmico (quente) durante este período.

Foram avaliados, através das simulações pelo *software Energyplus*, as temperaturas operativas dos apartamentos utilizando-se de duas soluções de materiais.

Foi sugerida a aplicação de novos materiais, trocando as telhas de fibrocimento por telhas cerâmicas pintadas de branco e a inserção de brises de 0,70 cm nas aberturas. Em

ambos os apartamentos, com apenas a instalação dos brises a variação média das temperaturas cai menos que a aplicação das telhas cerâmicas pintadas de branco.

De forma geral, pode-se afirmar que a percepção do usuário representa uma fração significativa de confiabilidade para os resultados.

Referências */ Referencias / References*

AKUTSU, M. VITTORINO, F. **The use of simulation Software to Evaluate the Thermal Performance of Buildings in Brazil**. Institute for Technological Research of São Paulo of State (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo. 1999.

ANSI/ASHRAE 55. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**, American Socitey of Heating, refrigerating and Air Conditioning Engenieers, Inc. Atlanta, 1974, 1981, 1995, 2010, 2023.

BRAVO, G. GONZÁLEZ, E. **Thermal comfort in naturally ventiladed spaces and under indirect evaporative passive cooling condiditions in hot-humid climate**. Energy and Buildings, ELSEVIER. Universidad del Zulia, Venezuela. 2013

GIVONI, B. ***Man, Climate and Architecture*.** Applied Science Publishers LTD, second edition. London, UK. 1976.

HARLAN, S. L. BRAZEL, A.J. PRASHAD, L. STEFANOV, W.L. LARSEN, L. **Neighborhood microclimates and vulnerability to heat stress**. Social Science & Medicine. ELSEVIER. University of Michigan, MI, USA. 2006.ROMERO, M. A. ORNSTEIN, S. W. **Avaliação Pós Ocupação, Métodos e Técnicas Aplicados à Habitação de Interesse Social.** 1a. Ed. Porto Alegre: Coleção Habitare/FINEP/ANTAC. 2003.