2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS NO DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL EM FLORIANÓPOLIS[1]

AZEVEDO, Leticia Dalpaz (1); GERALDI, Matheus S. (2); GHISI, Enedir (3)

(1) Universidade Federal de Santa Catarina, ledalpaz@gmail.com
(2) Universidade Federal de Santa Catarina matheus.geraldi@posgrad.ufsc.br
(3) Universidade Federal de Santa Catarina, enedir.ghisi@ufsc.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar a influência das características térmicas no desempenho térmico de habitações de interesse social em Florianópolis. Foram considerados quatro tipos de parede, três tipos de esquadria e três tipos de cobertura. A temperatura operativa foi obtida por meio de simulação computacional realizada no EnergyPlus e as horas de desconforto foram calculadas. Os resultados foram relacionados com as características térmicas dos sistemas construtivos. Para as paredes e esquadrias, a alteração da transmitância térmica e da capacidade térmica não apresentou um padrão de alteração no total de horas de desconforto. Para a cobertura, obteve-se redução da média de horas de desconforto com o aumento da capacidade térmica. No entanto, essa característica não é considerada pela NBR 15575 para as coberturas. Com isso, torna-se evidente a necessidade do desenvolvimento de estudos que aumentem a compreensão da influência de cada característica térmica no desempenho térmico das edificações, garantindo que os limites definidos em norma correspondam ao nível de desempenho térmico desejado.

Palavras-chave: *NBR 15575. Simulação computacional. Habitação de interesse social. Transmitância térmica. Capacidade térmica.*

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the influence of thermal characteristics on the thermal performance of affordable housing in Florianópolis. Four types of wall, three types of window frames and three types of roof were considered. The operating temperature was obtained by means of computer simulations performed using EnergyPlus and the hours of discomfort were calculated. The results were related to the thermal characteristics of the construction systems. For walls and window frames, the variation in thermal transmittance and thermal capacity did not show any influence in the total hours of discomfort. For the roof, the average hours of discomfort were reduced with the increase in thermal capacity. However, this feature is not considered by NBR 15575 for roofs. Therefore, it becomes evident the need to develop studies that increase the understanding of the influence of each thermal characteristic on the

[1] AZEVEDO, Leticia Dalpaz de; GERALDI, Matheus S.; GHISI, Enedir. Influência das características térmicas no desempenho térmico de habitações de interesse social em Florianópolis. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

thermal performance of buildings, ensuring that the limits defined in the standard correspond to the desired thermal performance level.

***Keywords**: NBR 15575. Computer simulation. Affordable housing. Thermal transmittance. Thermal capacity.*

1 INTRODUÇÃO

O Programa Minha Casa Minha Vida facilita a construção de habitações de interesse social no Brasil. Os projetos desenvolvidos não são adaptados ao local onde serão construídos. Considerando o grande número dessas residências construídas no país (1,2 milhões), a economia de energia obtida por meio do estudo e melhoramento desses projetos é significativa (BOSA, 2017).

A NBR 15575 apresenta como requisito para habitabilidade o desempenho térmico das edificações (ABNT, 2013a). Para garantir níveis mínimos do desempenho térmico, ela determina valores limites de algumas propriedades térmicas dos componentes construtivos. Chvatal (2014) comparou os resultados obtidos por meio do método simplificado e do método de simulação propostos pela NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações. Os resultados demonstraram que o método simplificado não traduz corretamente os impactos da transmitância térmica e da absortância solar da envoltória. Além disso, coberturas e paredes com valores baixos de absortância atingiram um nível mínimo de desempenho com valores maiores de transmitância do que os limites definidos pela norma.

Silva e Ghisi (2014) compararam os resultados obtidos por meio dos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15575. Foram consideradas 500 combinações para análise. Grande parte dos casos apresentou discordância em relação ao nível de desempenho térmico, sendo que as principais diferenças ocorreram para o inverno. O estudo aponta a necessidade de analisar as tabelas de classificação dos métodos, pois a análise de sensibilidade desenvolvida mostrou que, entre os métodos, há pouca diferença nos parâmetros mais influentes.

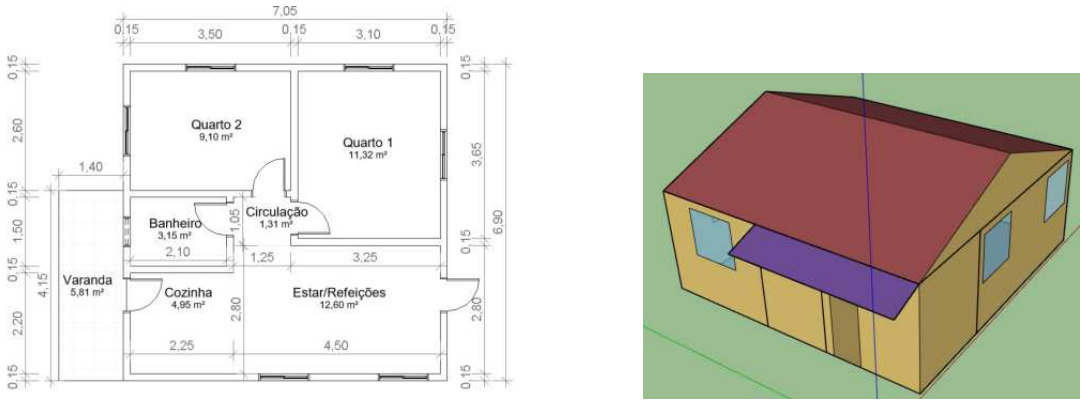
Nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho é analisar a influência das características térmicas consideradas pela NBR 15575 no desempenho térmico de habitações de interesse social unifamiliares na cidade de Florianópolis.

2 MÉTODO

O projeto utilizado para o estudo foi desenvolvido cruzando as exigências mínimas do Código de Obras e Edificações de Florianópolis com as estabelecidas pelo Programa Minha Casa Minha Vida, seguindo os modelos de referência obtidos por Triana, Lamberts e Sassi (2015). Para o modelo de simulação, as zonas térmicas foram definidas seguindo a divisão dos cômodos. Adotou-se pé-direito de 2,60m. O telhado da área de serviço foi definido como elemento de sombreamento. A Figura 1 apresenta a planta baixa do projeto e o modelo desenvolvido para a simulação.

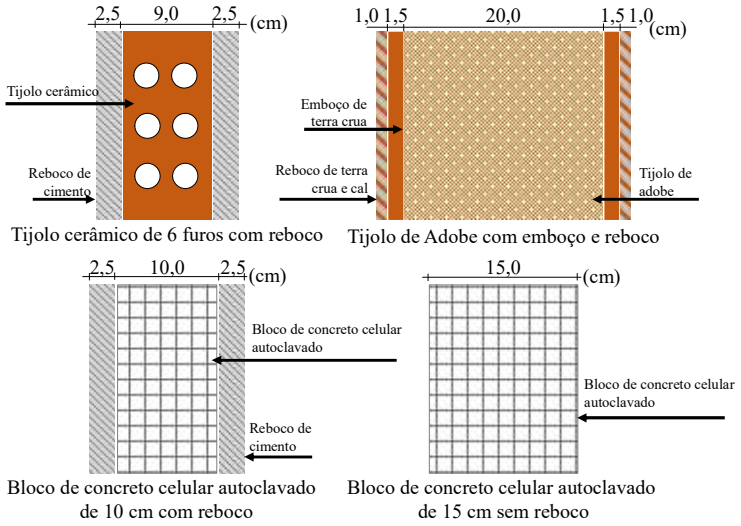
Para a definição de quais materiais seriam utilizados foram considerados três critérios: frequência de uso nas edificações construídas na cidade de Florianópolis por meio do financiamento do PMCMV; frequência de uso em empreendimentos desenvolvidos com a aplicação de conceitos de arquitetura sustentável e; materiais que apresentam uso crescente no setor. A identificação dos materiais que seguem os critérios adotados foi feita por meio de revisão bibliográfica e pesquisa no mercado local. A Figura 2 apresenta as quatro paredes selecionadas para estudo.

Figura 1 – Planta baixa do projeto padrão (a) e modelo de simulação (b)



(a) Planta baixa (b) Modelo de simulação

Figura 2 – Paredes selecionadas para o estudo



Tijolo cerâmico de 6 furos com reboco

Tijolo de Adobe com emboço e reboco

Bloco de concreto celular autoclavado de 10 cm com reboco

Bloco de concreto celular autoclavado de 15 cm sem reboco

Com o objetivo de considerar os principais cenários para as esquadrias, alumínio, PVC e madeira foram estabelecidos como materiais. Todas as esquadrias foram consideradas sem o uso de veneziana e as portas sem o uso de vidro.

Os tipos de cobertura analisados são compostos pela telha e pelo forro ou laje. Para avaliar a influência do uso de laje no desempenho térmico, considerou-se a laje maciça em um dos componentes construtivos. Com isso, foi considerado o uso de três tipos de cobertura: telha de fibrocimento e forro de madeira; telha cerâmica e forro de madeira; telha cerâmica e laje maciça de concreto.

A temperatura operativa de cada ambiente de longa permanência (quartos e sala/cozinha) foi obtida por meio das simulações computacionais desenvolvidas no *EnergyPlus*. O total de horas de desconforto foi obtido por meio da aplicação do método de cálculo definido pela ANSI/ASHRAE STANDARD 55-2013. Os ambientes foram considerados apenas com ventilação natural. Além da variação dos componentes construtivos selecionados, a orientação da edificação foi alterada de 90° em 90°. Com isso, 108 casos foram simulados.

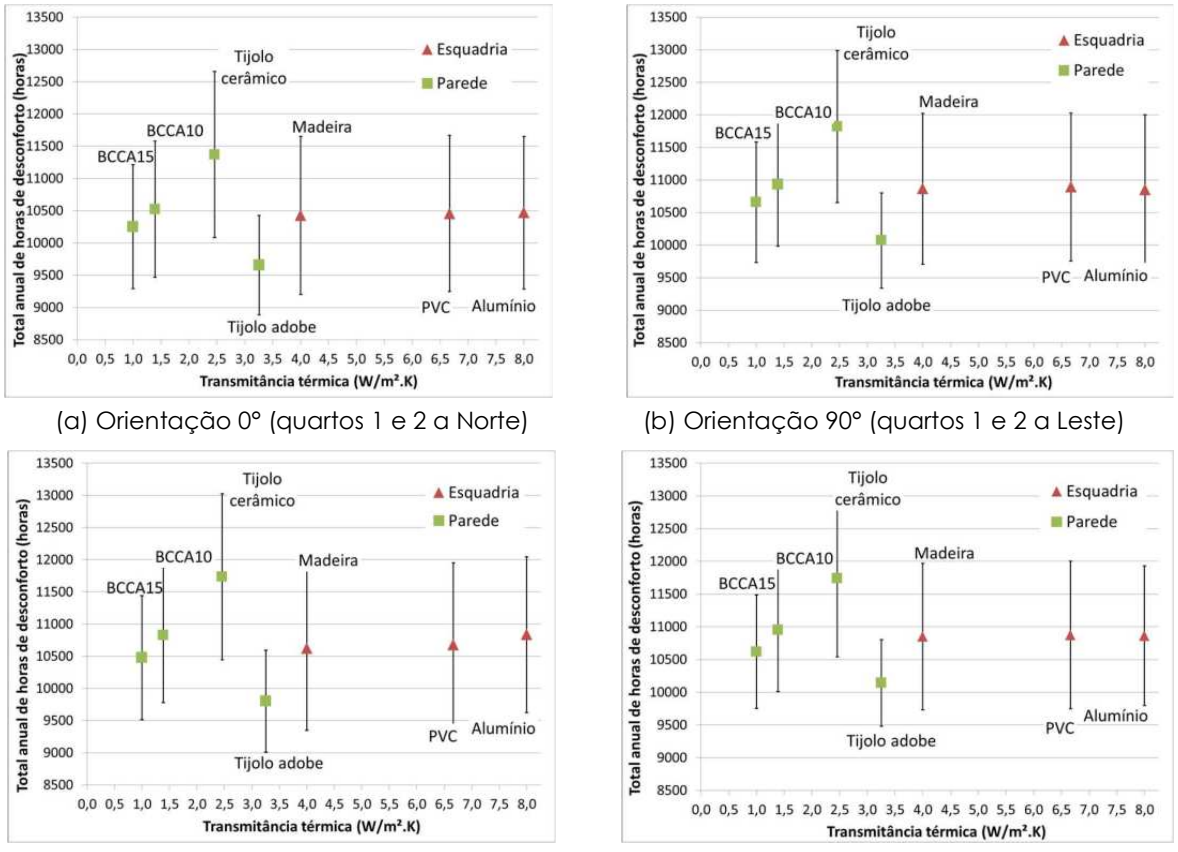
O padrão de ocupação, de uso de equipamentos, de iluminação e de abertura de esquadrias foi definido com base no relatório publicado por Ghisi et al. (2015). Os dados dos materiais construtivos para uso na simulação foram obtidos por meio de revisão bibliográfica. Como não foi avaliada a influência da mudança da cor utilizada nas paredes, as absortâncias solar e visível foram fixadas em 35%.

Conforme as exigências da NBR 15575-4 (ABNT, 2013a) e NBR 15575-5 (ABNT, 2013b), o desempenho térmico das paredes e coberturas é avaliado com critérios que levam em consideração a transmitância e a capacidade térmica conforme a zona bioclimática onde o projeto está localizado. A análise da influência dessas características no total anual de horas de desconforto foi realizada para cada componente construtivo, calculando-se a média e desvio padrão das variações. Fixou-se um componente construtivo e variaram-se os demais para calcular a média e o desvio padrão das horas de desconforto. Os valores de transmitância térmica e capacidade térmica que não foram encontrados na literatura foram calculados conforme o método definido pela NBR 15220-2 (ABNT, 2005).

3 RESULTADOS

Os resultados obtidos em relação à influência das características térmicas estão apresentados separadamente para os componentes construtivos verticais (paredes e esquadrias) e horizontais (forro e laje) da edificação.
As Figuras 3 e 4 apresentam o resultado da influência da transmitância térmica no total de horas de desconforto anual, considerando os componentes construtivos verticais e horizontais da edificação, respectivamente. Os resultados são apresentados por meio da média (marcador colorido) e desvio padrão (barras de variação) para cada caso.

Figura 3 - Relação entre a transmitância térmica de cada componente construtivo vertical e o total anual de horas de desconforto



(a) Orientação 0° (quartos 1 e 2 a Norte)

(b) Orientação 90° (quartos 1 e 2 a Leste)

(c) Orientação 180° (quartos 1 e 2 a Sul)

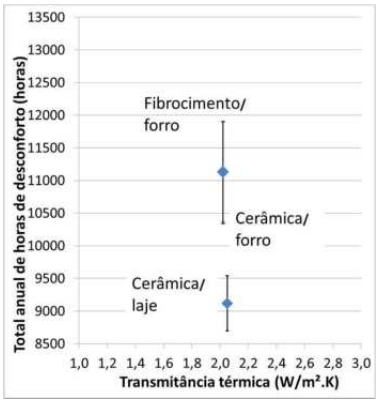
(d) Orientação 270° (quartos 1 e 2 a Oeste)

Ao analisar os tipos de esquadrias, quase não houve variação da média de horas de desconforto, mesmo com a alta variação da transmitância térmica, estando em

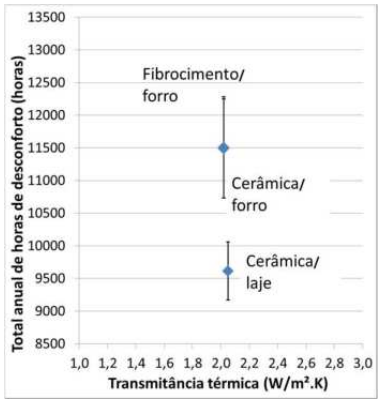
concordância com as considerações da NBR 15575, que determina a área de abertura das esquadrias como critério para o nível mínimo de desempenho térmico. O valor elevado do desvio padrão indica alta influência da parede e da cobertura no desempenho térmico da edificação.

Para as paredes, o maior desvio padrão observado foi da parede de tijolo cerâmico e o menor da parede com tijolo de adobe, indicando a dependência da parede de tijolo cerâmico em relação aos outros componentes construtivos da edificação para um bom desempenho térmico. Percebe-se que a variação da transmitância térmica para as paredes não apresentou padrão de influência nas horas de desconforto, uma vez que tanto a parede com menor quanto a com maior transmitância térmica tiveram as menores horas de desconforto entre os tipos de parede. Entretanto, a transmitância térmica é considerada pela NBR 15575 como um critério para o desempenho térmico, variando seu limite conforme a absortância solar.

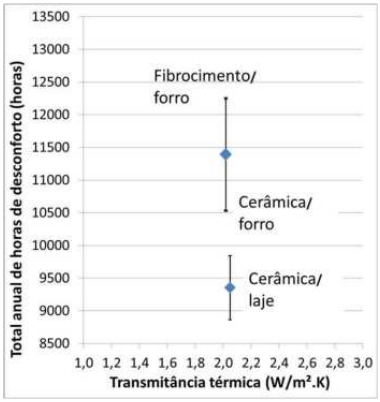
Figura 4 - Relação entre a transmitância térmica de cada componente construtivo horizontal e o total anual de horas de desconforto



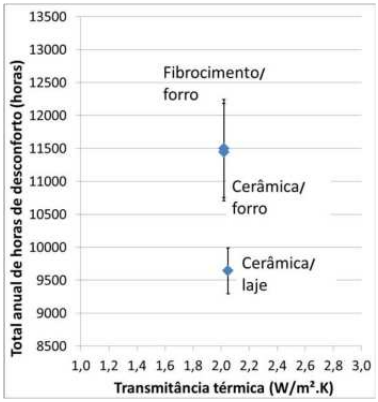
(a) Orientação 0° (quartos 1 e 2 a Norte)



(b) Orientação 90° (quartos 1 e 2 a Leste)



(c) Orientação 180° (quartos 1 e 2 a Sul)

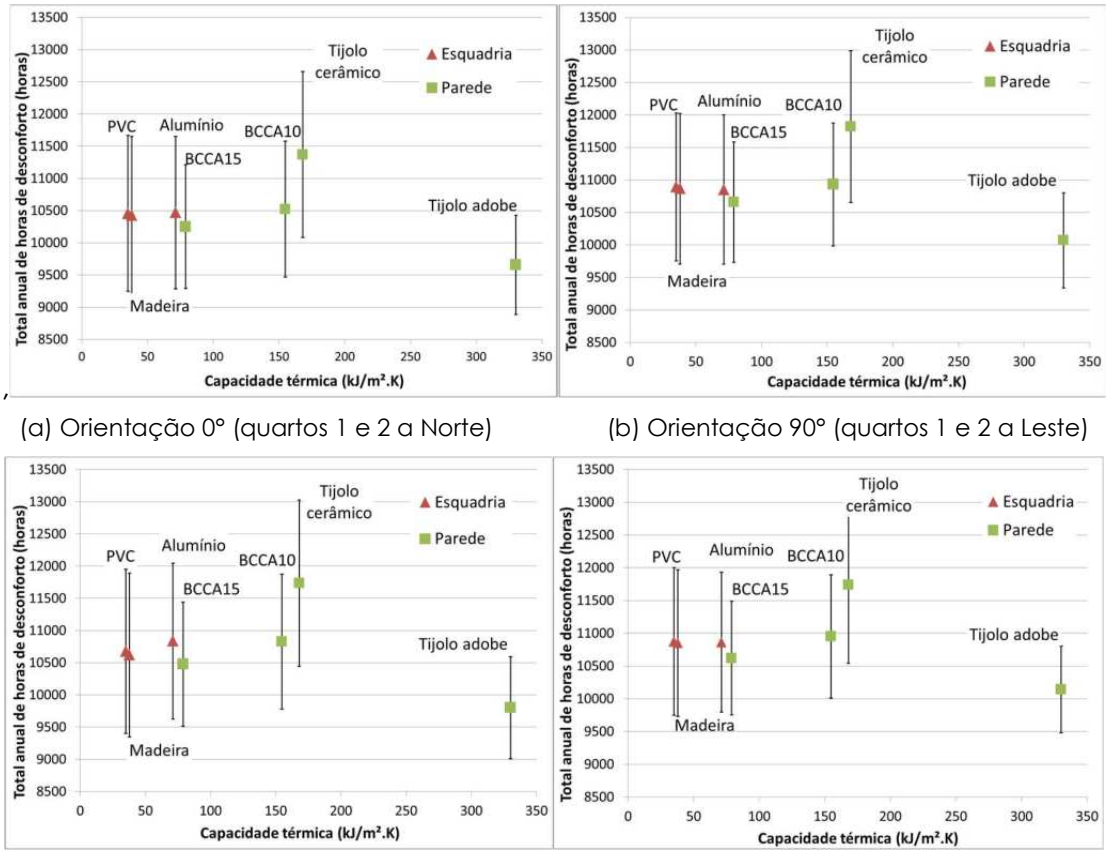


(d) Orientação 270° (quartos 1 e 2 a Oeste)

A cobertura que apresentou menor média de horas de desconforto e menor desvio padrão foi a com laje maciça. Apesar da diferença na média de horas de desconforto, o valor da transmitância térmica entre as coberturas não tem muita variação (2,02W/m².K para as duas coberturas de forro de madeira e de 2,05W/m².K para a cobertura de laje maciça). Isso representa a existência da influência de outras características térmicas no desempenho térmico da cobertura. No entanto, a única característica térmica definida em norma para a cobertura é a transmitância térmica, que tem seu limite variado conforme o valor da absortância.

Entre as diferentes orientações analisadas, tanto para os componentes construtivos verticais quanto para os horizontais, percebe-se que ocorreram pequenas variações nas médias das horas de desconforto, indicando pouca influência da orientação no desempenho do conjunto. As Figuras 5 e 6 apresentam o resultado da avaliação desenvolvida para a capacidade térmica considerando separadamente os componentes construtivos verticais e horizontais.

Figura 5 - Relação entre a capacidade térmica de cada componente construtivo vertical e o total anual de horas de desconforto



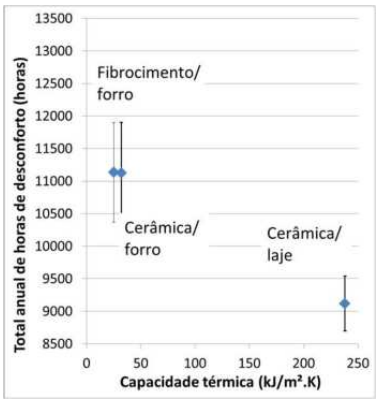
(a) Orientação 0° (quartos 1 e 2 a Norte) (b) Orientação 90° (quartos 1 e 2 a Leste)

(c) Orientação 180° (quartos 1 e 2 a Sul) (d) Orientação 270° (quartos 1 e 2 a Oeste)

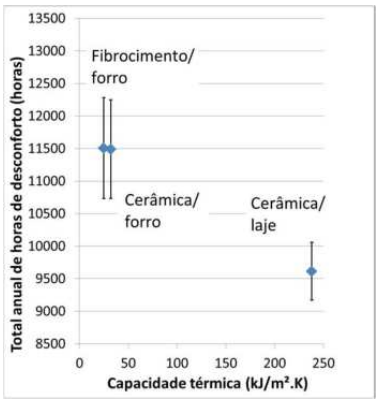
A variação da capacidade térmica das esquadrias não alterou a média nem o desvio padrão das horas de desconforto. Para as paredes, a de tijolo de adobe apresenta a maior capacidade térmica e resultou na menor média de horas de desconforto. Esse padrão não foi o mesmo obtido para as outras paredes, que apresentaram aumento da média de horas de desconforto com o aumento da capacidade térmica. Com exceção da zona bioclimática oito, a norma estabelece o valor fixo para a capacidade térmica das paredes externas, podendo ser igual ou superior a 130kJ/m^2.K. Entretanto, a parede de tijolo cerâmico, com capacidade térmica de 168kJ/m^2.K, obteve maior média de horas de desconforto do que a parede de bloco de concreto celular autoclavado sem reboco, que apresenta capacidade térmica de 79kJ/m^2.K.

Os valores de transmitância térmica das coberturas analisadas são similares, apresentando variação de 1,5% entre o maior e o menor valor. Para a capacidade térmica, a variação é de 89,5%. Devido à similaridade dos valores da transmitância entre as coberturas, a média do total de horas de desconforto não é influenciada de forma significativa por essa característica.

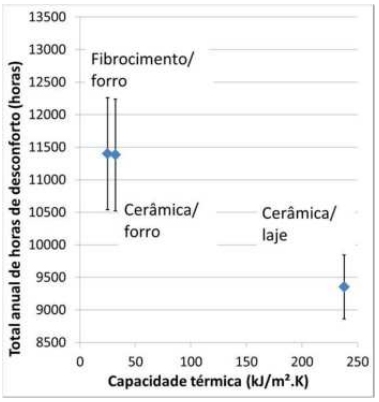
Figura 6 - Relação entre a capacidade térmica de cada componente construtivo horizontal e o total anual de horas de desconforto



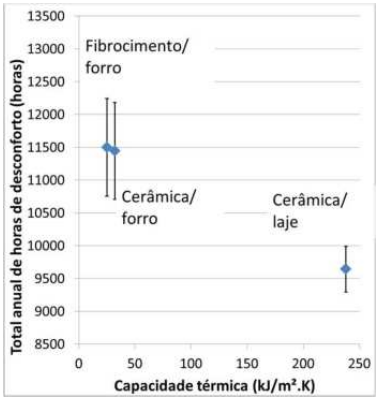
(a) Orientação 0° (quartos 1 e 2 a Norte)



(b) Orientação 90° (quartos 1 e 2 a Leste)



(c) Orientação 180° (quartos 1 e 2 a Sul)



(d) Orientação 270° (quartos 1 e 2 a Oeste)

Foi possível perceber um padrão de redução de média de horas de desconforto com o aumento da capacidade térmica, indicando uma possível relação entre a capacidade térmica da cobertura e o desempenho térmico da edificação. Ressalta-se que a capacidade térmica não é identificada como critério para classificação do desempenho térmico dos sistemas de coberturas pela NBR 15575-5 (2013).

Os resultados obtidos apresentam coerência com o estudo realizado por Ferreira, Souza e Assis (2017), que identificaram grande influência da capacidade térmica no desempenho térmico das edificações. Os autores mencionam também que o atendimento aos limites definidos pela NBR 15575 não garante condições de conforto térmico dependendo do contexto climático.

Com isso, torna-se evidente a necessidade do estudo da influência das características térmicas no desempenho térmico das edificações. É necessário estudar a influência de cada característica individualmente e em conjunto, para que seja possível estabelecer limites que garantam o nível de desempenho térmico desejado e sejam coerentes com os resultados obtidos, pois os limites definidos atualmente não traduzem corretamente o nível de desempenho térmico desejado.

4 CONCLUSÕES

Por meio do desenvolvimento do trabalho foi possível analisar a influência da transmitância térmica e da capacidade térmica dos componentes construtivos de

habitações de interesse social unifamiliares. As paredes e esquadrias não apresentaram um padrão de alteração no total de horas de desconforto com a alteração da transmitância térmica ou da capacidade térmica, indicando que essas características precisam ser avaliadas em conjunto para estabelecimento de valores limites. Para a cobertura, o aumento da capacidade térmica levou à redução da média de horas de desconforto. No entanto, essa característica não é considerada pela NBR 15575 para as coberturas. Com isso, ressalta-se a necessidade da compreensão da influência das características térmicas para a revisão das restrições exigidas em norma, de forma a garantir o desempenho térmico mínimo das habitações.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica e do fator solar de elementos e componentes de edificações. 01 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 34 p.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. 04 ed. Rio de Janeiro, 2013a.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013b.

_____. **NBR 15575-5**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013c.

BOSA, Augusto Macarini. **Análise de Eficiência Energética de Projetos de Residências do Programa Minha Casa Minha Vida.** 2017. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

CHVATAL, Karin Maria Soares. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 119-134, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212014000400009

FERREIRA, Camila Carvalho; SOUZA, Henor Artur de; ASSIS, Eleonora Sad de. Discussão dos limites das propriedades térmicas dos fechamentos opacos segundo as normas de desempenho térmico brasileiras. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 1, p. 183-200, mar. 2017. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000100131

GHISI, Enedir; VIEIRA, Abel Silva; ROSA, Aline Schaefer da; MARINOSKI, Ana Kelly; SILVA, Arthur Santos; BALVEDI, Bruna Faitão; ALMEIDA, Laiane Susan Silva. **Uso racional de água e eficiência energética em habitações de interesse social:** Volume 1– Hábitos e indicadores de consumo de água e energia. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - LABEEE, 2015. 82 p.

SILVA, Arthur Santos; GHISI, Enedir. Análise comparativa dos resultados do desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ R e da NBR 15575 1. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, p. 213-230, jan/mar 2014.

TRIANA, Maria Andrea; LAMBERTS, Roberto; SASSI, Paola. Characterisation of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its energy performance. **Energy Policy**, v. 87, p. 524-541, dez. 2015. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.08.041.