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

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE TELHADO VERDE NA CIDADE DE ARACAJU-SE

Maria Francielle Santos Menezes (1); Carla Fernanda Barbosa Teixeira (2)
(1) Engenheira Civil, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, franci.menezees@gmail.com
(2) Arquiteta e Urbanista, Docente Adjunta do PROEC-UFS, cafbt@yahoo.com, Universidade Federal de Sergipe, Campus José Aloísio de Campos - Av. Mal. Cândido Rondon, s / n - Jd. Rosa Elze, São Cristóvão - SE, 49100-000, 079-3194-7576

RESUMO
Com o aumento da urbanização das cidades, a cobertura vegetal natural do solo foi suprimida para dar espaço a novas edificações. Essas construções, principalmente em regiões tropicais, estão sujeitas à radiação solar elevada, propiciando o aumento das temperaturas internas e da demanda por sistemas de condicionamento de ar. Nos últimos anos, a tomada de consciência ambiental implicou a busca por soluções menos impactantes na Construção Civil, tais como o uso de telhados verdes nas construções. A utilização de telhados verdes apresenta inúmeras vantagens, como a melhoria do desempenho térmico da edificação e o aumento do isolamento da cobertura. Em virtude disso, o objetivo do trabalho foi comparar o desempenho térmico do telhado verde com o desempenho da telha cerâmica, ambos sujeitos às condições climáticas de Aracaju - SE, por meio de simulação computacional. Com esse intuito, foi criado um modelo computacional no *software Sketchup*® e posteriormente, foram realizadas simulações térmicas desse modelo com o emprego dos dois tipos de cobertura, no programa *EnergyPlus*®. A técnica de simulação adotou o método de Análise de Sensibilidade, com a alteração do tipo de cobertura (telha cerâmica e telhado verde) e da rotina de ocupação do modelo a cada simulação efetuada. De forma geral, as temperaturas internas do modelo quando se empregou o telhado verde foram inferiores às obtidas quando se utilizou a telha cerâmica, corroborando a melhoria do desempenho térmico por causa do emprego de telhado verde na cobertura.
Palavras-chave: desempenho térmico, telhado verde, simulação computacional.

ABSTRACT
With an increase in the urbanization of the cities, the natural vegetation cover of the soil was suppressed to give space to new buildings. These buildings, especially those in tropical regions, are subjected to elevated solar radiation, leading to higher temperatures indoors and increasing the demand for air-conditioning systems. In the recent years, the urge in environmental awareness fueled the search for less harmful solutions in civil construction, such as the use of green roofs. Green roofs have countless advantages, like improved thermal performance of the building and higher insulation of the roof. Keeping that in mind, the overall goal of this study was to compare the thermal performance of a green roof with the performance of a ceramic roof tile, both subjected to Aracaju - SE weather conditions, through computational simulation. For that purpose, it was created a model in Sketchup™ and subsequently used to perform thermal simulations with two kinds of cover in EnergyPlus™. Simulation technique adopted the Sensibility Analyses method, with alteration of kind of roof (ceramic roof tile and green roof) and the kind of room occupation in each simulation. In general, internal temperatures of the simulated model with green roof were lower than temperatures of the model with ceramic roof tile, confirming the improvement of thermal performance because of use of green roof.
Keywords: thermal performance, green roof, computational simulation.

1. INTRODUÇÃO

Antes que as atividades humanas começassem a causar impactos negativos ao planeta, o solo e a vegetação formavam um ecossistema balanceado. Com o aumento desenfreado da população humana, os impactos ambientais ficaram cada vez maiores. O incremento populacional implicou uma maior demanda por habitações, que, na grande maioria das vezes, destruíram a vegetação natural (GETTER; ROWE, 2006).

A influência da radiação solar sobre as construções, principalmente as que não apresentam isolamento térmico, é bastante severa. A incidência da radiação nas paredes e na cobertura eleva a temperatura interna da edificação, visto que grande parte dessa radiação é absorvida pela envoltória. Essa elevação da temperatura propicia o aumento na demanda por dispositivos de resfriamento artificiais, aumentando a demanda energética das habitações (EUMORFOPOULOU; ARAVANTINOS, 1998; CASTANHEIRA; COSTA, 2002).

Recentemente, a sociedade conscientizou-se dos impactos ambientais provocados por suas atividades diárias e começou a buscar alternativas mais sustentáveis. No caso específico da Construção Civil, torna-se necessário o desenvolvimento de projetos de construções que maximizem a conservação dos recursos naturais, que minimizem a degradação ambiental e que apresentem desempenho térmico satisfatório (FERRAZ, 2012).

Uma das maneiras de incrementar o caráter sustentável da indústria da Construção Civil, juntamente com a melhoria do desempenho térmico das construções, é através da instalação de telhados verdes, visto que a cobertura é o elemento construtivo que está mais exposto à ação da radiação solar incidente em edificações horizontais (ANDRADE, RORIZ, 2009).

O uso de telhados verdes nas edificações é uma solução eficaz do ponto de vista arquitetônico. Dentre as vantagens advindas do uso dessa técnica, pode-se citar o aumento do isolamento sonoro e da vida útil da membrana da cobertura e a diminuição da demanda energética para resfriamento, dos efeitos advindos das ilhas de calor urbano e da poluição do ar (GETTER; ROWE, 2006; OBERNDOFER et al., 2007).

No caso específico de Aracaju - SE, a cidade já começa a sofrer com as consequências danosas advindas do processo de urbanização, mesmo não sendo tão urbanizada como outras capitais brasileiras. A falta de vegetação nativa e a grande parcela de solo impermeabilizado do município contribuem para o aumento da temperatura externa do ar e, consequentemente, da temperatura no interior das construções (ANJOS et al., 2017).

Nesse sentido, a utilização de telhados verdes nessa cidade pode ser uma proposta interessante para a melhoria do microclima interno da edificação. Além disso, poderia haver um declínio do uso de sistemas de resfriamento ativos, o que poderia trazer economia de custos ao usuário da edificação ao longo de sua vida útil. Dessa forma, desenvolve-se a presente pesquisa com o intuito de avaliar o desempenho térmico de telhados verdes instalados em construções sujeitas às condições climáticas de Aracaju - SE.

2. OBJETIVO

O objetivo geral dessa pesquisa é comparar o desempenho térmico do telhado verde com o desempenho da telha cerâmica, ambos sujeitos às condições climáticas de Aracaju - SE, por meio de simulação computacional.

3. MÉTODO

Com o intuito de atingir o objetivo do trabalho, foram executadas as seguintes etapas (Figura 1):

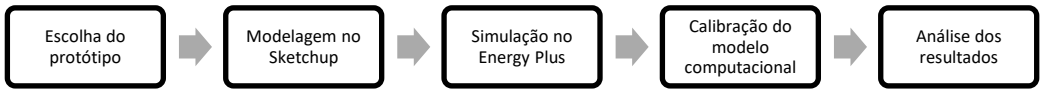

Figura 1 - Etapas do trabalho

Como a Universidade Federal de Sergipe - UFS não possui os equipamentos necessários para realizar as medições experimentais de temperatura interna, a construção de um protótipo para a calibração do modelo computacional não foi possível. Por conta disso, foram analisados diversos trabalhos publicados com a finalidade de se encontrar um protótipo já construído que pudesse ser utilizado na calibração. O protótipo precisava atender aos seguintes requisitos: possuir dados de temperatura interna medidos experimentalmente para que o modelo computacional pudesse ser calibrado, ter a área da cobertura superior à área de cada fachada (TEIXEIRA, 2006) e possuir a laje da cobertura compatível para a instalação de um sistema de telhado verde. Como não foram encontrados protótipos construídos em Aracaju – SE que atendessem a esses

requisitos, foram analisados protótipos de outras regiões. Dessa forma, escolheu-se o protótipo utilizado pelo Grupo de Pesquisa Arquitetura e Construção Sustentável (Arcos) do CEFET-MG, que atendeu aos requisitos necessários.

Posteriormente, foi criado um modelo computacional do protótipo real no *software Sketchup*®. Depois disso, foi realizada a simulação térmica do modelo no *software EnergyPlus*®, versão 8.6. As simulações basearam-se no método de Análise de Sensibilidade, com alterações nas variáveis entre as simulações. Em seguida, foi realizada a calibração do modelo computacional através da comparação dos valores de temperatura interna resultantes da simulação com os valores medidos experimentalmente no protótipo real do CEFET-MG.

Simulou-se para todos os dias do ano e não apenas para os dias típicos e os dados de temperaturas externas utilizados nas simulações foram retirados do arquivo climático INMET 2018 de Aracaju - SE (LABEEE, 2018). Para a análise, trabalhou-se com uma sequência de três dias com características semelhantes, cujo terceiro correspondeu ao dia com as temperaturas externas mais elevadas do ano, conforme a NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

3.1. Definição das variáveis de simulação

A simulação adotada consistiu na modelagem de um protótipo, ao invés de uma edificação completa, como forma de simplificar a análise do desempenho térmico da cobertura. O modelo computacional representou um ambiente de permanência prolongada e em virtude disso, foram analisadas três rotinas de ocupação: variação sem ocupação, ocupação típica de sala e ocupação típica de quarto.

O caso base baseou-se no protótipo do Grupo de Pesquisa Arcos do CEFET-MG, que foi empregado nos trabalhos de Guimarães (2012) e Gonçalves, Carvalho e Gutierrez (2014). O referido protótipo possui 2,60 m de pé direito e dimensões internas iguais a 2,4 x 3,45 m.

Além disso, o protótipo possui laje de piso em concreto armado, cobertura com laje plana em concreto armado com 8 cm de espessura e impermeabilizada com uma vinimanta, paredes constituídas por bloco cerâmico de 14 cm, uma porta de aço na fachada sul com as dimensões de 70 x 210 cm e uma janela na fachada norte constituída de um vidro fixo e incolor de 4 mm de espessura sem esquadria de dimensões 1,06 x 1,40 m (Figura 2). Também vale ressaltar que todos os materiais, com exceção da laje da cobertura, foram utilizados sem revestimento como forma de simplificar o modelo (GUIMARÃES, 2012).

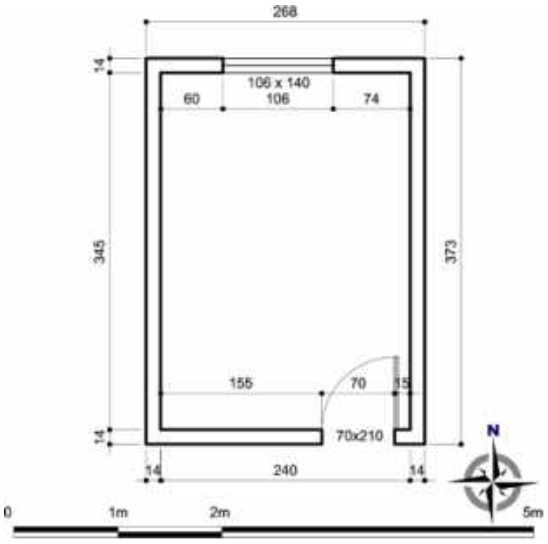

Figura 2 - Planta baixa do protótipo do grupo Arcos (GUIMARÃES, 2012).

A técnica de simulação utilizada adotou a Análise de Sensibilidade, que consiste em alterar uma variável a cada simulação, deixando as outras inalteradas, com o intuito de analisar a influência dessa variável no desempenho apresentado (OLIVEIRA, 2006).

A primeira simulação utilizou o caso base (sem alteração em nenhuma variável) e os resultados obtidos foram empregados para calibrar o modelo. Já nas outras simulações, as seguintes variáveis foram alteradas: o tipo de cobertura (telha cerâmica não esmaltada e telhado verde) e a rotina de ocupação (sem ocupação, ocupação típica de sala e ocupação típica de quarto). Logo, ao todo foram realizadas sete simulações (a simulação do caso base e outras seis simulações com alterações nas variáveis).

A taxa de renovação do ar manteve-se constante nas simulações e o valor adotado foi de 1 ren/h. Além disso, adotou-se 0,21 m².K/W de resistência térmica da câmara de ar da cobertura de telha cerâmica, de acordo com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005).

Os parâmetros físicos dos materiais utilizados estão especificados nas Tabelas 1 - 4. Vale ressaltar que caso o valor do parâmetro não estivesse disponível nas referências consultadas, foi utilizado o valor padrão (*default*) fornecido pelo *software*.

Tabela 1 - Dados físicos dos materiais da envoltória dos modelos (ORDENES et al., 2003; NBR 15220-2, 2005).

Material	Bloco de 14 cm	Concreto	Aço	Telha cerâmica
Rugosidade	Rugoso	Rugoso	Liso	Média
Espessura [m]	0,015	0,08	0,03	0,01
Condutividade [W/m.K]	0,9	1,75	55	1,05
Densidade [kg/m³]	3732	2400	7800	2000
Calor específico [J/kg.K]	920	1000	460	920
Absortância térmica	0,9	0,9	0,9	0,9
Absortância solar	0,7	0,7	0,7	0,7
Absortância visível	0,7	0,7	0,7	0,7

Tabela 2 - Parâmetros físicos do vidro na janela (NBR 15220-2, 2005).

Espessura [m]	0,004
Transmitância solar	0,837
Refletância solar frontal	0,075
Refletância solar posterior	0,075
Transmitância visível	0,898
Refletância visível frontal	0,081
Refletância visível posterior	0,081
Transmitância infravermelha	0
Emissividade hemisférica infravermelha frontal	0,84
Emissividade hemisférica infravermelha posterior	0,84
Condutividade	0,9

Tabela 3 - Dados físicos das camadas utilizados no telhado verde (BEYER, 2008; SILVA, 2014).

Material	Camada filtro	Camada drenante	Barreira impermeável
Rugosidade	Liso	Liso	Liso
Espessura [m]	0,005	0,06	0,007
Condutividade [W/m.K]	0,06	0,08	0,17
Densidade [kg/m³]	160	800	1200
Calor específico [J/kg.K]	2500	920	920
Absortância térmica	0,9	0,9	0,9
Absortância solar	0,2	0,2	0,2
Absortância visível	0,2	0,2	0,2

Tabela 4 - Parâmetros gerais da vegetação e do substrato do telhado verde (SILVA, 2014).

Altura da vegetação [m]	0,05
Índice de Área Foliar - IAF	1
Espessura do solo [m]	0,10
Refletividade da folha	0,25
Emissividade da folha	0,95
Resistência estomática mínima [s/m]	180

Rugosidade do solo	Rugoso
Condutibilidade do solo seco [W/m.K]	1
Densidade do solo seco [kg/m³]	1500
Calor específico do solo seco [J/kg.K]	1900
Absortância térmica	0,9
Absortância solar	0,8
Absortância visível	0,8
Teor de umidade de saturação	0,3
Teor de umidade residual	0,01
Teor de umidade inicial	0,1
Método de cálculo de difusão da umidade	Simples

Tendo como base o arquivo climático de 2018 de Aracaju - SE, verificou-se o dia com as temperaturas mais elevadas do ano, que foi o dia 08 de abril. Como os dias 06 e 07 de abril apresentaram temperaturas semelhantes, a análise das temperaturas compreendeu a sequência de 06 a 08 de abril.

As rotinas de ocupação foram baseadas em trabalhos prévios sobre ocupação de ambientes de uso prolongado em clima quente e úmido (NEGREIROS, 2010; OLIVEIRA, 2006), portanto não foram estimadas em amostragem de campo. Segundo Oliveira (2006), as rotinas de ocupação podem variar bastante e dependem de vários fatores, como o hábito dos habitantes e características socioculturais. Foram consideradas rotinas para a ocupação do tipo quarto e do tipo sala, visto que esses cômodos são ambientes de maior tempo de permanência em uma residência.

As simulações consideraram uma ocupação típica de quarto, uma típica de sala e uma variação sem ocupação. Considerou-se que o ambiente era composto por duas pessoas (0,24 pessoas/m²) com metabolismo de 70 W/m² (atividade sedentária) (LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2014), as rotinas de iluminação adotaram o uso de uma lâmpada fluorescente de 15 W para dois tipos de ocupação (tipo sala e tipo quarto) e com relação aos equipamentos elétricos, considerou-se a presença de uma televisão de 100 W de potência na rotina de ocupação da sala e nenhum equipamento elétrico na rotina de ocupação do quarto.

Considerou-se que na ocupação típica de sala, o ambiente era ocupado das 8 h às 21 h e na ocupação típica de quarto, o recinto era ocupado das 22 h às 07 h do dia seguinte. Além disso, adotou-se que a lâmpada na ocupação do tipo sala era ligada das 17 h às 21 h, a lâmpada na ocupação do tipo quarto era ligada das 22 h às 23 h e a televisão permanecia ligada das 8 h às 21 h na ocupação do tipo sala.

4. RESULTADOS

4.1. Calibração do modelo

Para a calibração do modelo computacional com o protótipo real, foram aplicadas as Equações 1 e 2, que, de acordo com Chan e Chow (2013), podem ser utilizadas para quantificar a diferença entre os resultados da simulação e os medidos experimentalmente e avaliar os erros de modelagem.

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{sim,i} - X_{exp,i})}{n} \qquad \text{Equação 1}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{sim,i} - X_{exp,i})^2}{n}} \qquad \text{Equação 2}$$

Onde:
MBE: *mean bias error* (tendência do erro médio) [°C];
$RMSE$: *root-mean-square error* (raiz quadrada do erro médio) [°C];
$X_{sim,i}$: dado resultante da simulação [°C];
$X_{exp,i}$: dado medido experimentalmente [°C];
n: quantidade de dados medidos.

Como os resultados obtidos na primeira simulação tinham o propósito de servir para a calibração do modelo computacional, foi utilizado o arquivo climático INMET de Belo Horizonte - MG nessa simulação (LABEEE, 2018), visto que as medições experimentais ocorreram nessa cidade. Todas as outras simulações subsequentes utilizaram o arquivo climático de Aracaju - SE, como descrito nos procedimentos metodológicos.

Os valores de temperatura interna obtidos com a simulação foram comparados com os valores medidos experimentalmente por Guimarães (2012), cuja pesquisa consistiu em medir as temperaturas internas do protótipo durante sete semanas. Foram aplicadas as Equações 1 e 2 para realizar a comparação e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5- MBE e RMSE entre os valores medidos e os simulados (AUTORES, 2019).

Semana	MBE [°C]	RMSE [°C]
1ª	-2,01	2,12
2ª	0,58	1,51
3ª	3,49	3,78
4ª	3,68	4,04
5ª	1,21	1,49
6ª	-0,61	0,76
7ª	0,01	0,49

As diferenças entre os valores simulados e os medidos podem ser explicadas por vários fatores: as temperaturas do arquivo climático e as propriedades físicas dos materiais que foram utilizadas na simulação podem não representar a realidade, podem ocorrer erros de medição por seres humanos, entre outros (SILVA, 2014). Apesar das diferenças observadas, considera-se que de forma geral, o modelo computacional representa bem o protótipo real, visto que os resultados estão condizentes com os obtidos por Sailor (2008) e Silva (2014).

4.2. Análise das simulações

Para ambas as coberturas, as temperaturas internas para o ambiente sem ocupação foram as menores, visto que não houve a presença de fontes internas de calor, como pessoas, iluminação e equipamentos elétricos. Já para a ocupação típica de sala, as temperaturas internas foram as mais elevadas dentre os três tipos de ocupação analisados, visto que esse tipo de ocupação era o que apresentava maior quantidade de fontes internas de calor.

No caso do telhado verde, a máxima diferença entre a temperatura na ocupação do tipo sala e a variação sem ocupação foi de 2,18°C (ocorrida no dia 06 de abril às 10 h) e a máxima diferença entre a temperatura na ocupação do tipo quarto e na variação sem ocupação foi de 0,87 °C (ocorrida no dia 06 de abril às 7 h). No caso da telha cerâmica, a máxima diferença entre a temperatura da ocupação do tipo sala e a variação sem ocupação foi de 2,10°C (ocorrida no dia 06 de abril às 10 h) e a máxima entre a temperatura da ocupação do tipo quarto e da variação sem ocupação foi de 0,93 °C (ocorrida no dia 06 de abril às 7 h) (Figuras 3 e 4).

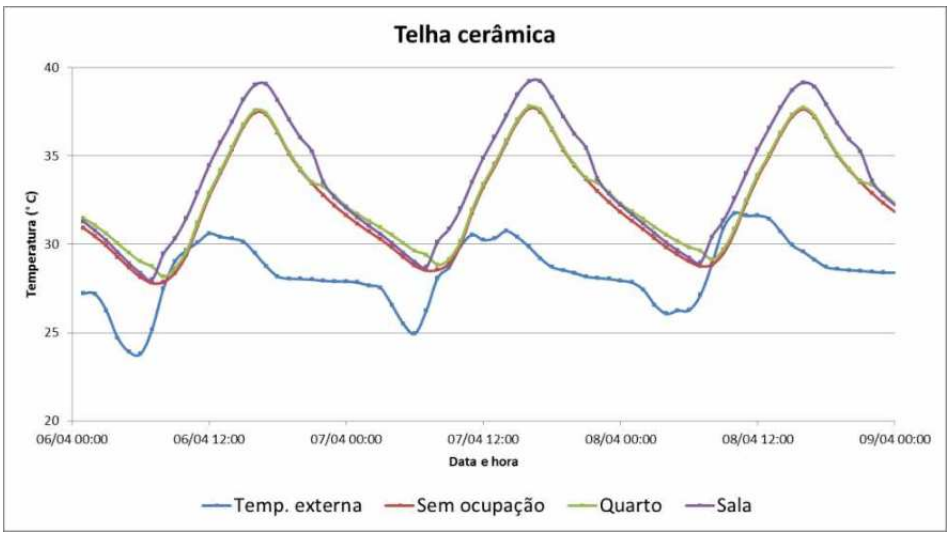

Figura 3 - Temperaturas obtidas com no modelo com telha cerâmica (AUTORES, 2019).

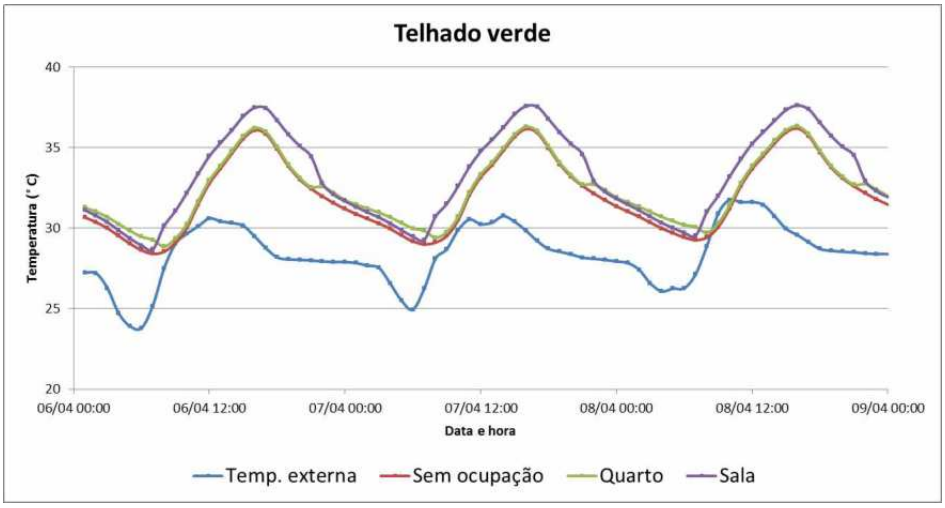

Figura 4 - Temperaturas obtidas no modelo com telhado verde (AUTORES, 2019).

Com relação ao tipo de cobertura empregado, na maior parte do tempo, as temperaturas internas do ambiente com telhado verde foram inferiores às temperaturas do ambiente com telha cerâmica, confirmando a característica desse tipo de telhado, que é propiciar temperaturas internas mais amenas. Além disso, a amplitude térmica do ambiente com telhado verde foi em média 2°C inferior à amplitude daquele com telha cerâmica. No dia 06 de abril, a temperatura interna do recinto com telha cerâmica chegou a ser 1,61°C superior à temperatura do ambiente com telhado verde. No dia 07 de abril, a temperatura do modelo com telha cerâmica foi 1,68°C superior à temperatura do modelo com telhado verde. Por fim, no dia 08 de abril, a temperatura do ambiente com telha cerâmica chegou a ser 1,53°C mais elevada que a temperatura do ambiente com telhado verde.

Em alguns horários, as temperaturas do ambiente com telha cerâmica foram inferiores às temperaturas do ambiente com telhado verde, contudo esses valores foram irrisórios e inferiores a 1 °C, não sendo considerados estatisticamente. Das 3 h às 11 h dos dias 07/04 e 08/04, as temperaturas do ambiente com telha cerâmica foram inferiores às obtidas no ambiente com telhado verde para os três tipos de ocupação. Já no dia 06/04, o recinto com telha cerâmica apresentou menores temperaturas que o recinto com telhado verde das 3 h às 12 h (para a variação sem ocupação e para a ocupação típica de quarto) e das 3 h às 11 h para a ocupação típica de sala (Figura 5).

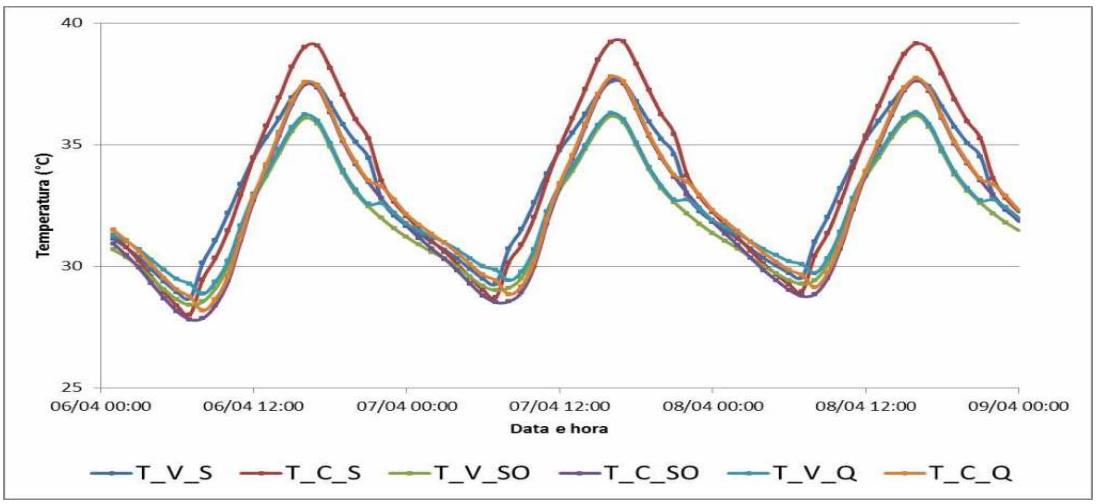

Figura 5 - Comparação entre as temperaturas internas obtidas com o telhado verde e a telha cerâmica (AUTORES, 2019).

(Legenda: T_V_S: telhado verde, ocupação do tipo sala; T_C_S: telha cerâmica, ocupação do tipo sala; T_V_SO: telhado verde, sem ocupação, T_C_SO: telha cerâmica, sem ocupação, T_V_Q: telhado verde, ocupação do tipo quarto. T_C_Q: telha cerâmica, ocupação do tipo quarto).

Como as diferenças com a alteração do tipo de ocupação foram superiores às obtidas com a variação do tipo de cobertura, depreende-se que o tipo de ocupação apresentou maior influência na temperatura interna do ambiente do que o tipo de cobertura empregado.

Para a maior parte do tempo, a temperatura do ar no interior do recinto ficou superior à temperatura externa. Para a ocupação do tipo sala, em nenhum momento dos três dias analisados, a temperatura interna foi inferior à externa. No dia 06/04, a temperatura interna chegou a ficar 0,64 °C inferior à externa às 9 h, para o ambiente com telha cerâmica sem ocupação. No dia 07/04, para nenhuma configuração de cobertura e de ocupação, a temperatura interna foi inferior à externa. Já no dia 08/04, a temperatura interna chegou a ficar 1,42 °C inferior à externa às 9 h, para o ambiente com telha cerâmica sem ocupação.

5. CONCLUSÕES

Para ambos os tipos de cobertura, a ocupação do tipo sala foi a que apresentou pior desempenho térmico, visto que esse tipo de ocupação era o que possuía maior quantidade de fontes internas de calor (pessoas, iluminação e equipamentos elétricos) em comparação com os outros. No caso do telhado verde, a máxima diferença entre a temperatura interna da ocupação tipo sala e a variação sem ocupação foi de 2,18°C e para a telha cerâmica, a máxima diferença entre a temperatura da ocupação tipo sala e a variação sem ocupação foi de 2,10°C.

Na maior parte do tempo, as temperaturas do ambiente com telhado verde foram inferiores às obtidas com a telha cerâmica para os três tipos de ocupação. No dia 06 de abril, a maior diferença de temperatura interna do recinto com a telha cerâmica e com o telhado verde foi de 1,61°C; no dia 07 de abril essa diferença chegou a 1,68°C e no dia 08 de abril chegou a 1,53°C.

Como o tipo de ocupação apresentou maior influência sobre o desempenho térmico do modelo do que o tipo de cobertura, concluiu-se que para uma melhor avaliação do desempenho, esse parâmetro não pode ser desconsiderado na simulação.

Para trabalhos futuros, sugere-se a simulação com um telhado verde do tipo intensivo ao invés do extensivo utilizado nessa pesquisa. O uso de telhado verde intensivo proporcionaria maior diminuição das temperaturas internas, em razão de possuir substrato mais espesso e vegetação com maior IAF, uma vez que o aumento do IAF contribui para maior evapotranspiração da planta e para maior sombreamento da cobertura e um substrato com maior espessura propicia o aumento do amortecimento térmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

ANJOS, M. et al. Rede climatológica urbana aplicada ao estudo da ilha de calor em Aracaju-SE. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 62, 2017.

BEYER, P. O. **Condutividade térmica equivalente do ecotelhado.** Porto Alegre, 2008.

CASTANHEIRA, R. G.; COSTA, C. E. S. Influência da geometria do telhado na radiação solar incidente nos edifícios. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...**Foz do Iguaçu, 2002

CHAN, A. L. S.; CHOW, T. T. Energy and economic performance of green roof system under future climatic conditions in Hong. **Energy and Buildings**, v. 64, p. 182-198, 2013.

EUMORFOPOULOU, E.; ARAVANTINOS, D. The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece. **Energy and Buildings**, v. 27, 1998.

FERRAZ, I. L. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

GETTER, K. L.; ROWE, D. R. The role of extensive green roofs in sustainable development. **Hort Science**, v. 41, 2006.

GONÇALVES, F. L.; CARVALHO, M. C. R.; GUTIERREZ, G. C. R. Desempenho térmico de cobertura verde para ambientes construídos em blocos cerâmicos e de concreto: estudo de caso em Belo Horizonte, Brasil. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEIS. **Anais...**, 2014.

GUIMARÃES, R. P. **Comportamento térmico do ambiente construído:** influência do pé-direito e de materiais das paredes envoltórias. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

LABEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Arquivos climáticos INMET 2018**. Acesso em 01 de março de 2019.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na Arquitetura.** Florianópolis: UFSC/ LABEEE, 2014.

NEGREIROS, B. de A. **Análise de métodos de predição de conforto térmico de habitação em clima quente-úmido com condicionamento passivo.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

OBERNDORFER, E. et al. Green roofs as urban ecosystems: ecological, structures, functions, and services. **BioScience**, v. 57, nº10, 2007.

OLIVEIRA, A. G. de. **Proposta de método para avaliação térmica de residências unifamiliares em clima quente e úmido.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

ORDENES, M. et al. **Metodologia utilizada na elaboração da biblioteca de materiais e componentes construtivos brasileiros para simulações no VisualDOE-3.1.** Florianópolis, 2003.

SAILOR, D. J. A green roof model for building energy simulation programs. Energy and Buildings, 2008.

SILVA, M. F. da R. e S. **Simulação energética de coberturas verdes**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2014.

TEIXEIRA, C. F. B. **Comportamento térmico de coberturas de fibrocimento em Campinas,SP:** aplicação de técnicas passivas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.