



**XII ENCAC** Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído  
**VIII ELACAC** Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído

BRASÍLIA | 25 a 27 de setembro de 2013

## **MONITORAMENTO TÉRMICO DE COBERTURAS EM CÉLULAS TESTE PARA CLIMA MESOTÉRMICO NO SUL DO BRASIL**

**Rhayane Beretta (1); Amilcar J. Bogo (2)**

(1) Estudante de Arquitetura e Urbanismo, Bolsista PIBIC-CNPq, rhayane\_b@hotmail.com

(2) Arquiteto e Urbanista, Dr., Professor, amilcarbogo@gmail.com

Universidade Regional de Blumenau - FURB, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental - LACONFA, Rua Antônio da Veiga, 140 – CEP 89012-900, Blumenau – SC.

### **RESUMO**

Neste trabalho é apresentado um estudo de monitoramento térmico de coberturas, comparando seis células teste para o clima mesotérmico úmido (Cfa) da cidade de Blumenau - SC, no sul do Brasil. A análise geral englobou quatro períodos de medição (três períodos representativos de calor e um de frio), a partir do monitoramento térmico da temperatura interna do ar, com a utilização de registradores eletrônicos de dados HOBO® dispostos no interior de cada célula teste. Neste texto é apresentada a continuação de monitoramento térmico antes realizado em 2011 e 2012 (em períodos representativos de situações de calor e de frio), agora com dados recentes para o período de calor entre 05 de novembro de 2012 a 09 de janeiro de 2013. Por meio dos resultados obtidos a partir do monitoramento da temperatura interna do ar, observou-se um melhor desempenho térmico da cobertura vegetal como sistema construtivo de coberturas para a região, inclusive em situação melhor do que as células teste com uso de isolamento térmico. O emprego da cobertura vegetal é uma alternativa técnica e economicamente viável para a região, apresentando vantagens diversas como melhoria no comportamento térmico, assim como retenção de parte da água da chuva e aparência visual identificada com valores ambientais.

Palavras-chave: coberturas, células teste, monitoramento térmico.

### **ABSTRACT**

This paper presents a study of the thermal monitoring roof systems, comparing six test cells for humid mesothermal climate (Cfa) of the city of Blumenau - SC, in southern Brazil. The general analysis included four measuring periods (representative of three periods of heat and cold) from the thermal monitoring of indoor air temperature with the use of electronic data registers ® HOBO disposed within each test cell. This text is displayed before continuing thermal monitoring conducted in 2011 and 2012 (in periods representative of situations of heat and cold), now with recent data for the period of heat between November 5, 2012 to January 9, 2013. Through the results obtained from the monitoring of indoor air temperature observed is a better thermal performance of the vegetation as constructive system covers the region, including the situation better than the test cells with the use of thermal insulation. The use of vegetation is an alternative technically and economically feasible for the region, with several advantages such as improved thermal behavior, as well as the retention of rainwater and visual appearance with identified environmental values.

Keywords: roof systems, test cells, thermal performance.

## **1. INTRODUÇÃO**

O clima local de Blumenau - SC, como outras cidades de Santa Catarina, é caracterizado segundo Bogo (1998) como subtropical ou mesotérmico úmido com verões quentes (Cfa), gerando grandes períodos de calor, uma vez que apesar da cidade se localizar na porção subtropical do Brasil, esta na latitude 26,92° sul, está próxima ao litoral e numa baixa altitude (21 m).

Para controlar os ganhos solares diretos nas edificações que causam excesso de calor no ambiente interno, existe a necessidade de projetar estratégias arquitetônicas e/ou utilizar métodos que tenham um desempenho térmico mais adequado para este clima. Nesse sentido, há diversas soluções construtivas, mas deve se entender que a cobertura é o elemento da edificação que recebe maior intensidade de radiação solar em edificações.

Para avaliar o desempenho térmico de diversas edificações é possível usar variados métodos, como por exemplo, avaliação das propriedades térmicas dos materiais por meio de experimentos laboratoriais; procedimentos de cálculos simplificados de propriedades térmicas dos componentes e/ou cálculo de temperaturas internas; medições de campo nas condições reais das edificações e das propriedades térmicas dos materiais; procedimentos de simulação computacional e avaliação das propriedades térmicas dos materiais e sistemas construtivos e das temperaturas internas em protótipos representativos (células teste) em campo que é o método utilizado neste trabalho.

A utilização de células testes possibilita um melhor entendimento das relações entre o ambiente construído e o clima, visando conhecer o comportamento de uma determinada amostra nas condições climáticas efetivas.

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado através de revisões de literatura, identificando trabalhos sobre o mesmo tema de estudo, (ANDRADE; RORIZ, 2009), (ALEXANDRI; JONES, 2008), (GRIGOLETTI; ROTTA; MÜLLER, 2009), (HUANGA, 2009), (KOPPE, 2004), (WHITE, 2001), (KOSAREO; RIES, 2007), (LOHMANN; BARTH, 2009), (POUEY; SATTLER E SCHNEIDER, 1998), (VERGARA, PIPPI E BARBOSA, 2009), (KOMENO, SPOSTO; KRÜGER, 2007), (VAN RENTERGHEM; BOTTELDOOREN, 2009), (MORAIS, C.S.; RORIZ, M., 2003), (VECCHIA, 2005) e (AKUTSU; VITTORINO, 1999), assim como este trabalho é continuação de similares já realizados para a cidade, (SILVA; BOGO, 2011), (BOGO, SILVA; SILVA, 2011).

## **2. OBJETIVO**

Este trabalho objetiva comparar e analisar o comportamento térmico de seis sistemas de coberturas no clima de Blumenau SC (mesotérmico úmido com verões quentes), localizada no sul do Brasil, a partir de um estudo experimental de campo desenvolvido por meio da execução e monitoramento térmico de modelos em escala reduzida sujeitas ao clima local.

## **3. MÉTODO**

A metodologia adotada para a realização desta pesquisa caracteriza se pela construção de seis células teste com sistemas construtivos locais representativos de coberturas usuais na região (acrescido de duas coberturas vegetais), monitoradas comparativamente em três períodos representativos de calor e um de frio. Para análise do comportamento térmico das coberturas foram realizadas medições da temperatura interna do ar, a partir da utilização de sensores HOBOTM (registradores eletrônicos), dispostos no interior de cada célula teste.

### **3.1. Localização das células teste**

As células teste estão posicionadas no sentido Nordeste – Sudoeste, com um afastamento entre elas para evitar o auto sombreamento das unidades vizinhas. Todas estão localizadas em uma área de estudo no campus II da Universidade Regional de Blumenau – FURB, como adiante apresentado na figura 1 adiante.



Figura 1 – Área de locação (hachura vermelha) das células teste no Campus II.

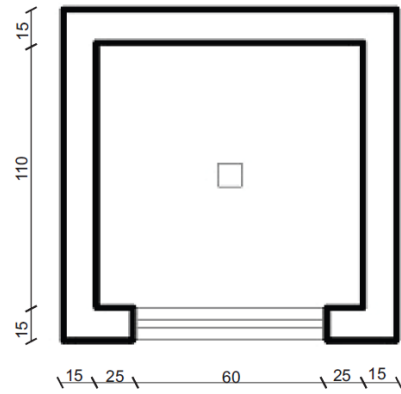


Figura 2 - Planta baixa esquemática das células teste.

### 3.1.1. Características das células teste

Para a análise foram construídas seis células teste de alvenaria de blocos de concreto com dimensões de 1,4 x 1,4 m, com uma abertura frontal (porta em madeira) com altura de 0,75m, no lado nordeste, como representada na planta baixa vista na figura 2 anterior e na figura 3 adiante.

As coberturas variam em dois grupos: com isolamento e sem isolamento térmico. A partir destes grupos as coberturas se repetem para observar qual cobertura e qual laje apresentam melhores resultados. As células testes foram numeradas de acordo com a ordem em que estão locadas no terreno, tendo como finalidade melhor identificação nos resultados:

- Laje pré-moldada comum - com fechamento de blocos cerâmicos furados – espessura de 10 cm:
  - Célula teste 1. + telha de fibrocimento pintada com tinta branca apropriada;
  - Célula teste 2. + telha cerâmica;
  - Célula teste 3. + cobertura vegetal.
- Laje pré-moldada com isolamento térmico EPS (poliestireno expandido) – espessura de 13 cm:
  - Célula teste 4. + telha cerâmica;
  - Célula teste 5. + telha de fibrocimento pintada com tinta branca apropriada;
  - Célula teste 6. + cobertura vegetal.



Figura 2 – Células teste alinhadas.

### 3.1.2. Detalhe das camadas utilizadas na cobertura

As telhas de fibrocimento e cerâmica foram fixadas de forma convencional (com ripamento) sobre a laje. A cobertura vegetal foi executada da maneira mais simples e adequada para a sua manutenção.

Para impermeabilizar a laje e para drenar a água da chuva foram utilizados materiais adequados para os mesmos, como lona plástica e camada de brita.

A figura 4 adiante apresenta o corte com o detalhe das camadas utilizadas na cobertura vegetal:



Figura 4 – Detalhe das camadas utilizadas na cobertura vegetal.

### 3.2. Medições comparativas entre as células teste

Para as medições da variável temperatura interna do ar, foram utilizados seis pequenos registradores eletrônicos HOBOs®.

Estes registradores são compostos por equipamentos destinados a mensurar com máxima precisão (devido aos seus 12 bits) as diversas variáveis existentes, armazenando os dados internamente em sua memória. As características técnicas incluem precisão de temperatura  $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$ .



Os registradores foram configurados via *software* próprio para medições a cada 1h; depois posicionados sobre um pedestal de madeira com 1m de altura no centro geométrico das células teste.

Após o encerramento das medições os registradores foram conectados novamente no *software*, para leitura dos dados e geração automática dos gráficos com a escolha dos dados que se deseja analisar.

Figura 5 – Medidor do tipo HOBO

Conforme apresentado na tabela 1 adiante, o monitoramento térmico foi realizado em três períodos de medição de calor e um de frio, visando o estudo do comportamento térmico das coberturas.

Tabela 1 – Períodos em que foram realizadas as medições

PERÍODO DE MEDIÇÕES	
PERÍODO DE CALOR	1º) 21 DE FEVEREIRO A 23 DE MARÇO DE 2011
	3º) 16 DE DEZEMBRO DE 2011 A 08 DE FEVEREIRO DE 2012
	4º) 05 DE NOVEMBRO DE 2012 A 09 DE JANEIRO DE 2013
PERÍODO DE FRIO	2º) 02 A 18 DE AGOSTO DE 2011

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados em análise foram obtidos no transcorrer de quatro períodos de medições, sendo que o primeiro, segundo e terceiro foram alvos de publicação anterior (SILVA; BOGO, 2011), (BOGO, SILVA; SILVA, 2011), como adiante identificado.

### 4.1. Primeiro período de medições (calor): durante parte do verão de 2011

As primeiras medições ocorreram entre os dias 21 de fevereiro a 23 de março de 2011, com dias de temperatura variada e células teste fechadas, sem que houvesse trocas de fluxo de ar entre o ambiente interno e externo.

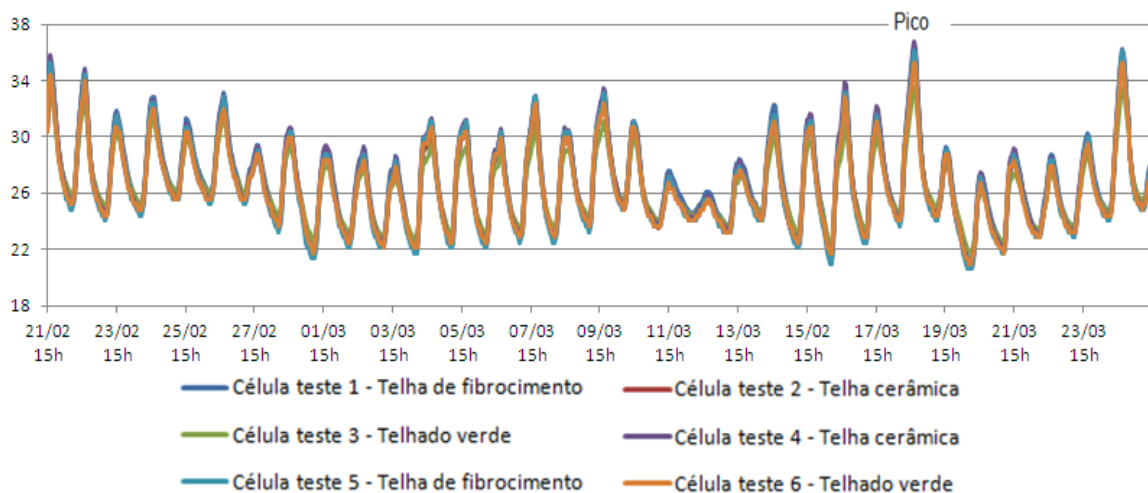


Figura 6 – Medições comparativas de temperaturas internas das células testes no período de 21/02 a 23/03.

A seguir é apresentado um detalhe para a primeira análise do pico (calor).

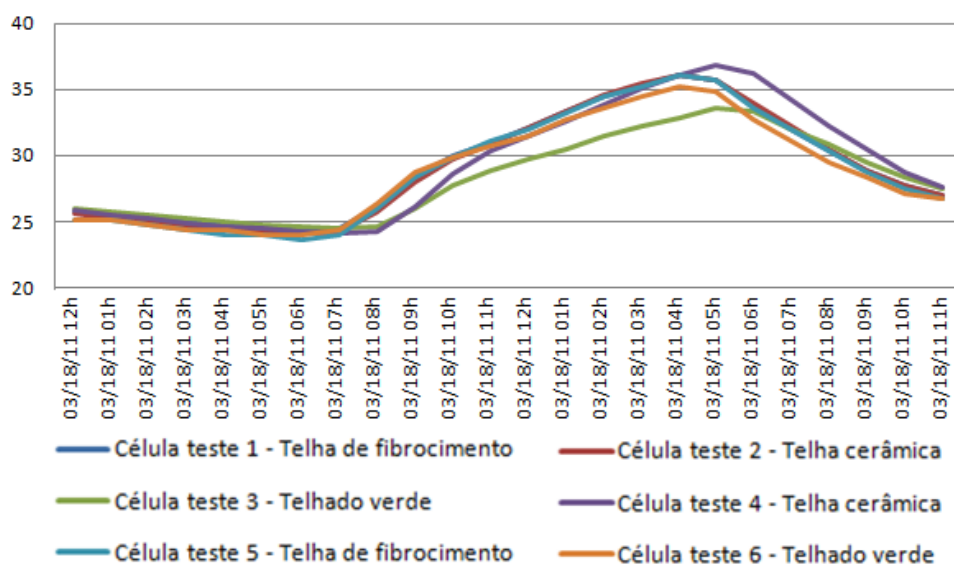


Figura 7. Detalhe pico (calor) - medições comparativas de temperaturas internas das células testes no período de 27/01 8h a 28/01 7h.

Na figura 7 é possível observar que a célula teste 3 - laje sem isolamento térmico e cobertura vegetal foi a que teve melhor comportamento térmico, ou seja, menor temperatura interna. A célula teste 4 - laje com isolamento térmico e telha cerâmica, foi a de pior comportamento, com diferença de até 2,9°C durante o período analisado. A maior diferença entre os dados obtidos das células testes foi às 14h do dia 18/03, onde a célula teste 1 - atingiu 35,9°C, a célula teste 2 - 35,9°C, a célula teste 3 - 33,8°C, a célula teste 4 - 37,1 °C, a célula teste 5 – 35,9°C e a célula teste 6 - 35,1°C.

#### 4.2. Segundo período de medições (frio): durante parte do inverno de 2011

As medições de inverno ocorreram entre os dias 02 a 18 de agosto de 2011, com dias de temperatura variada e também mantendo as células testes fechadas, sem que houvesse trocas de fluxo de ar entre o ambiente interno e externo. Neste período de medições a célula teste 5 - telha de fibrocimento não foi monitorada por problemas técnicos com o registrador HOBO®.



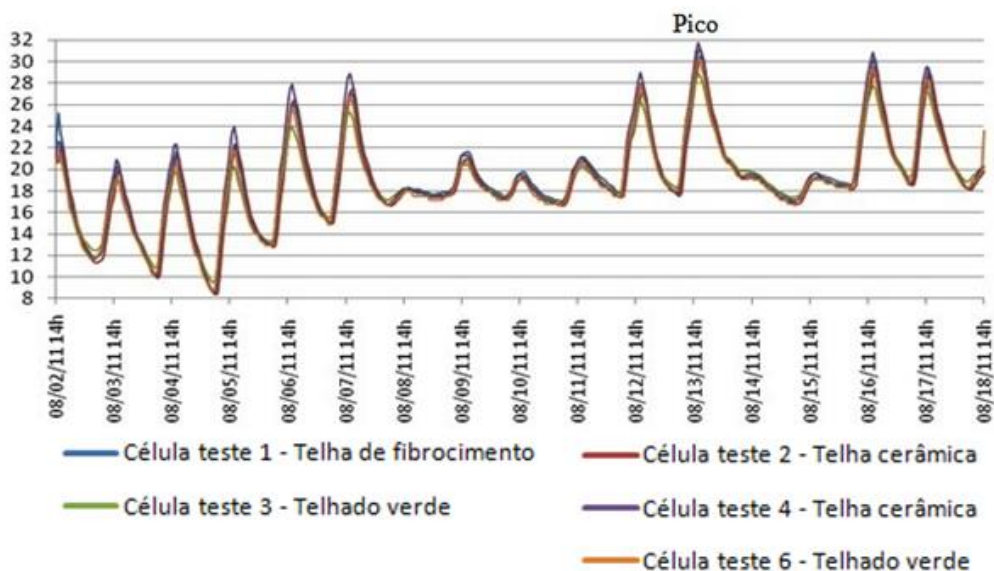


Figura 8. Medições comparativas de temperaturas internas entre células testes no período de 02/08 a 18/08.

A seguir é apresentado um detalhe para o pico 1 (frio).

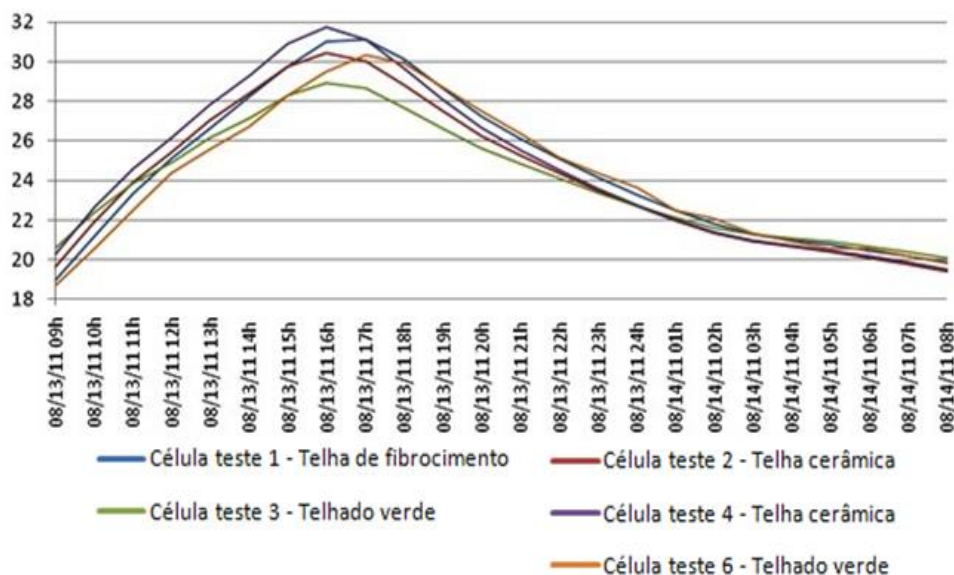


Figura 9. Detalhe pico 1 (frio) - medições comparativas de temperaturas internas entre células testes no período de 13/08 - 9h a 14/08 - 8h.

Na figura 9 pode-se observar que a célula teste 4 - laje com isolamento térmico e telha cerâmica foi a que teve maior temperatura interna, situação desejada durante o inverno. A célula teste 3 - laje sem isolamento térmico e cobertura vegetal, foi a que teve temperatura diferenciada de até 2,8°C durante todo o período em análise. A maior diferença entre os dados obtidos das células testes foi às 16h do dia 13/08, onde a célula teste 1 - atingiu 30°C, a célula-teste 2 - 29,7°C, a célula-teste 3 - 28,9°C, a célula-teste 4 - 31,7°C e a célula-teste 6 - 29,5°C.

Outro quesito observado foi a variação de temperatura entre o período vespertino mais quente do dia e o período mais frio (matutino). A célula teste 3 - laje sem isolamento térmico e cobertura vegetal foi a que apresentou melhor resultado, com menor variação de temperatura interna do ambiente, já a célula teste 4 - laje com isolamento térmico e telha cerâmica apresentou a maior variação da temperatura interna.

### 4.3. Terceiro período de medições (calor): durante parte do verão de 2011 e 2012

A terceira parte das medições ocorreu entre os dias 16 de dezembro de 2011 a 08 de fevereiro de 2012, percebendo-se variações de temperatura de acordo com cada dia e novamente mantendo as células teste fechadas para que não houvesse trocas de fluxo de ar entre o ambiente interno e externo.

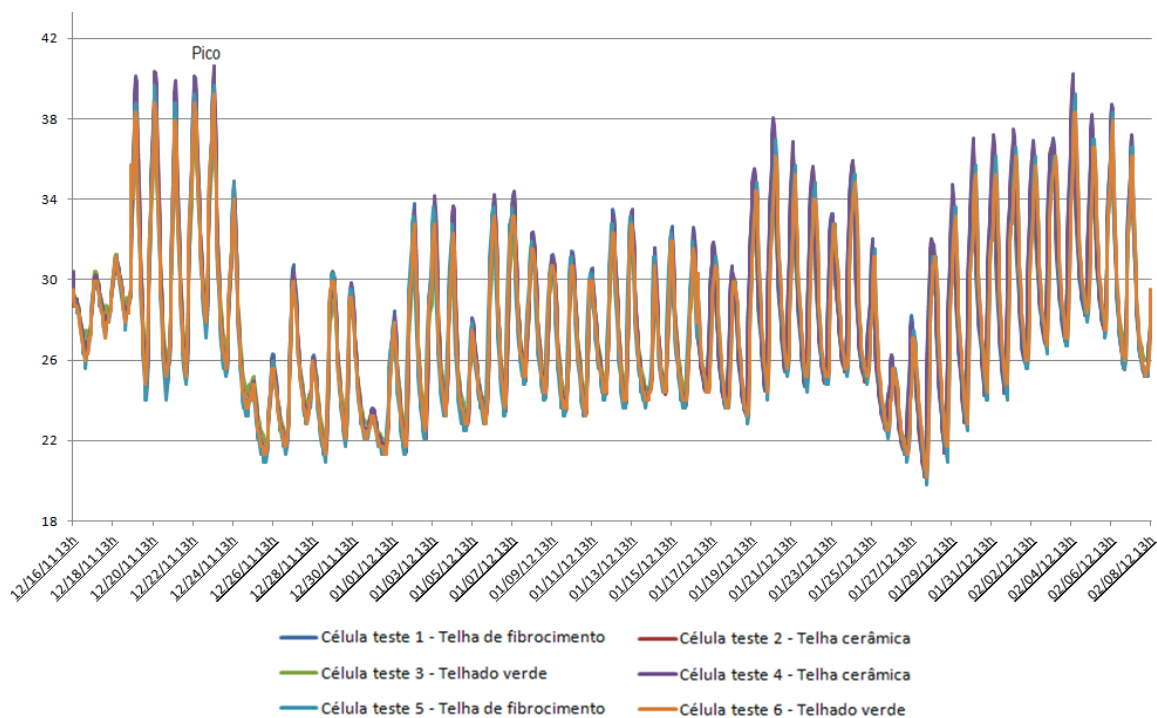


Figura 10. Medições comparativas de temperaturas internas entre células testes no período de 16/12/2011 a 08/02/2012.

A seguir é apresentado um detalhe para o pico (calor).

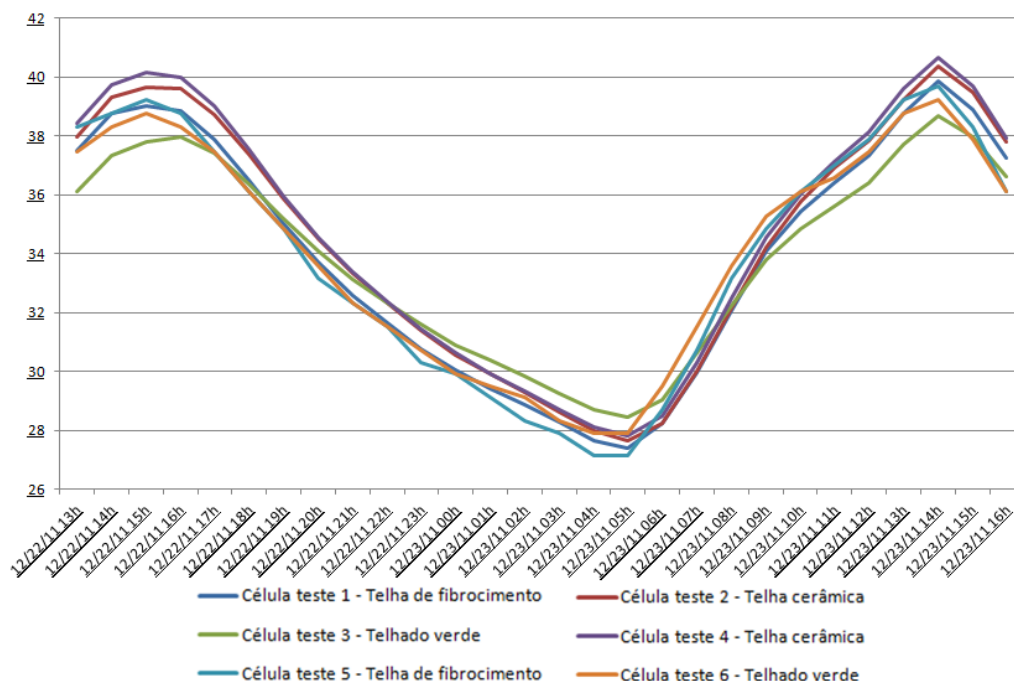


Figura 11. Detalhe pico (calor) - medições comparativas de temperaturas internas entre células teste no período de 22/12/2011 - 13h a 23/12/2011 - 16h.

Na figura 11, pode-se concluir que a célula teste 3 – cobertura vegetal sem isolamento térmico obteve o melhor comportamento térmico, ou seja, menor temperatura interna.

A célula teste 4 – laje com isolamento térmico e telha cerâmica, foi a de pior comportamento, permanecendo com maior temperatura interna aproximadamente em todo o período analisado. O período em que ocorreu a maior diferença entre os dados obtidos e que a temperatura se excedeu foi no dia 23/12/2011

às 14h onde tivemos os seguintes resultados: célula teste 1 - 39,9°C, célula teste 2 - 40,4°C, célula teste 3 - 38,7°C, célula teste 4 - 40,6°C, célula teste 5 - 39,6°C, célula teste 6 - 39,2°C.

#### 4.4. Quarto período de medições (calor): durante parte do verão de 2012 e 2013

Este último período de monitoramento térmico, representativo de calor (entre os dias 05 de novembro de 2012 a 09 de janeiro de 2013), é adiante apresentado, complementando as análises antes realizadas.

No gráfico a seguir, é possível observar que no período do dia 25/12/2012 às 13h a temperatura interna dos protótipos começa a exceder, iniciando o momento de pico de temperatura.

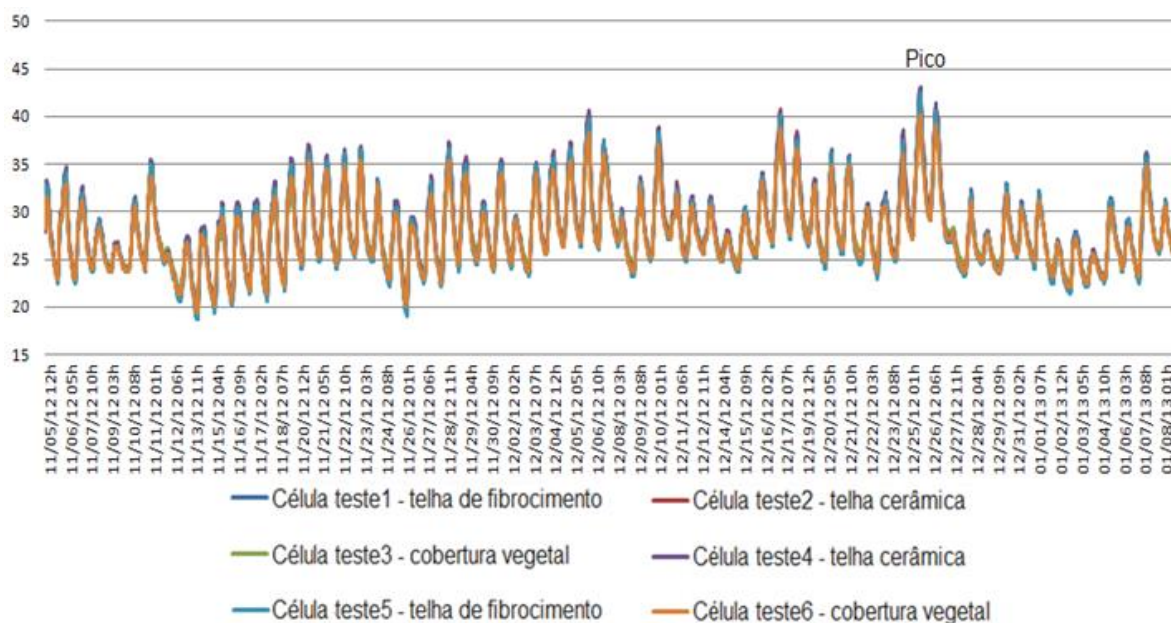


Figura 12. Medições comparativas de temperaturas internas entre células testes no período de 05/11 a 09/01.

A seguir é apresentado um detalhe para o pico (calor).

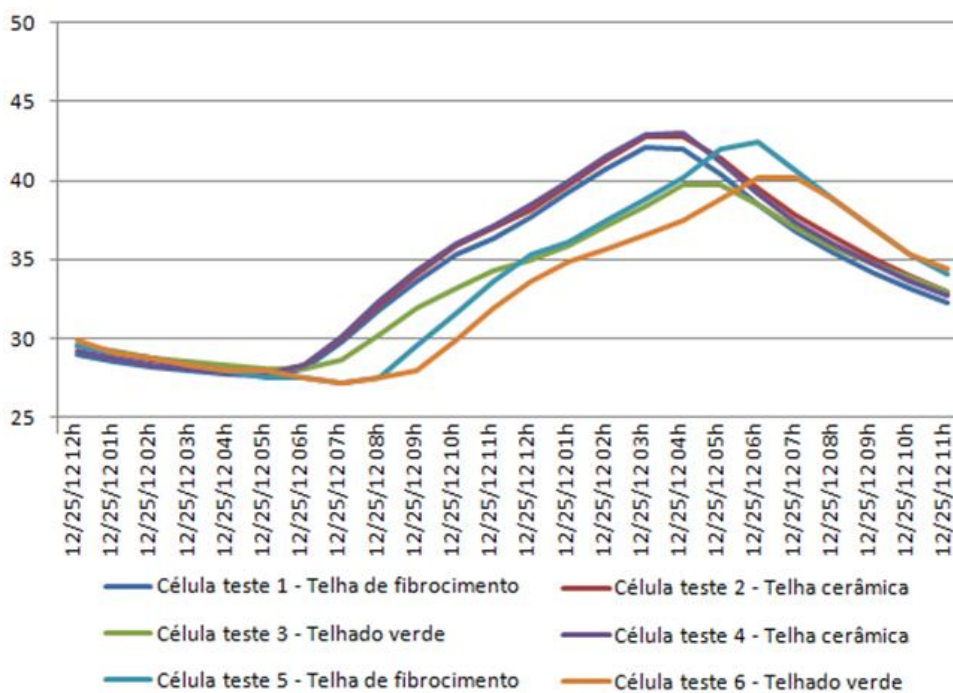


Figura 13. Detalhe pico (calor) - medições comparativas de temperaturas internas entre células teste no período de 25/12/2012 - 12h a 25/12/2012 - 11h.

Na figura 13, pode-se observar que a célula teste 4 - laje com isolamento térmico e telha cerâmica foi a que

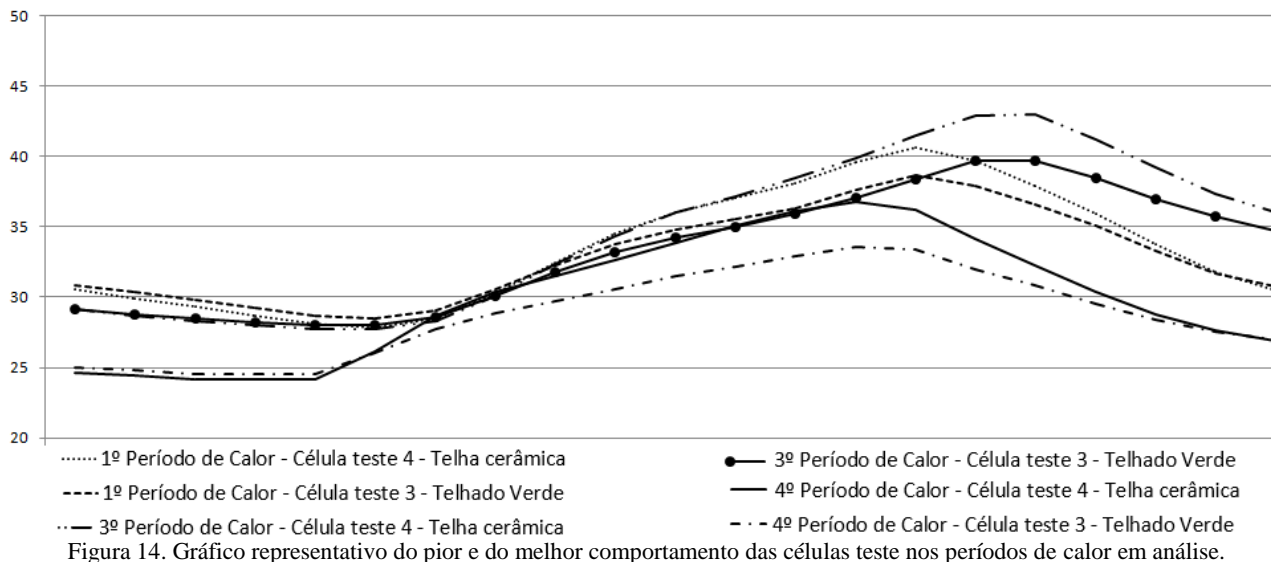


teve maior temperatura interna. A célula teste 3 - laje sem isolamento térmico e cobertura vegetal, foi a que teve melhor temperatura durante o período em análise.

A célula teste 3 – cobertura vegetal sem isolamento térmico e a célula teste 6 – cobertura vegetal com isolamento térmico por possuírem cobertura vegetal, permaneceram com maior temperatura interna no período noturno; este fenômeno ocorre devido à cobertura verde ser de classificação intensiva, ou seja, por apresentar o substrato de maior espessura, onde a transmissão térmica do calor interno para o exterior acontece de forma mais lenta.

O período em que ocorreu a maior diferença entre os dados obtidos e que a temperatura se excedeu foi no dia 25/12/2012 onde tivemos os seguintes resultados: célula teste 1 - 42,1°C, célula teste 2 - 43,2°C, célula teste 3 - 39,7°C, célula teste 4 - 43,5°C, célula teste 5 - 42,9°C, célula teste 6 – 40,3°C.

#### 4.5 Identificação das situações de melhor e pior comportamento térmico durante os períodos de calor



Na figura 14 anterior, a partir das medições já realizadas, a célula teste 4 - laje com isolamento térmico e telhado cerâmico foi a que apresentou o maior pico de temperatura interna em todo período de calor analisado. Já a célula teste 3 - laje sem isolamento térmico e telhado verde, foi a que apresentou o menor pico de temperatura, situação desejada para o período de calor. A diferença entre estes dois picos de temperatura é de cerca de 9,5°C.

## 5. CONCLUSÕES

Após serem realizadas as avaliações, pode-se concluir que o objetivo deste trabalho foi alcançado: foi identificado comparativamente qual das seis coberturas apresentou o melhor comportamento térmico no período de estudo.

Por meio dos resultados já obtidos anteriormente e da análise realizada neste último período de monitoramento térmico (entre 2012 e 2013), observou-se se que a célula teste com cobertura vegetal obteve o melhor comportamento térmico, com uma temperatura de até - 3°C quando comparada com outros sistemas, apresentando menor variação de temperatura interna.

Foi possível observar a diferença de temperatura interna do ar devido à diversidade dos materiais utilizados nas coberturas. No caso da cobertura vegetal, as menores temperaturas internas do ar decorrem em parte do efeito da evapotranspiração, ou seja, por evaporação da água do solo, da vegetação úmida e por transpiração das plantas.

Mesmo sem grandes ganhos significativos de comportamento térmico em coberturas com uso da cobertura vegetal, as vantagens deste sistema estão no aumento da área permeável no terreno, com retenção de água e utilização de materiais menos energívoros, caracterizando-se como uma opção sustentável para edificações, inclusive pelo apelo estético ligado a imagem da natureza.

Como limitação dos resultados encontrados nas medições realizadas a partir do monitoramento térmico comparativo dos seis tipos de coberturas, pode-se considerar a influência da radiação infravermelha das células teste nos sensores dos HOBOS, situação esta não considerada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKUTSU, M; VITTORINO, F. (1999) **Avaliação Comparativa do Desempenho Térmico de Cobertura com e sem Isolante Térmico** (8p).
- ALEXANDRI, E.; JONES, P. (2008) **Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates**. Building and Environment, 43 (4), pp. 480-493
- ANDRADE, N; RORIZ, M; (2009) **Comportamento Térmico de Cobertura Verde Utilizando A Grama Brachiaria Humidicola Na Cidade De São Carlos, SP**. In: X Encontro Nacional E Vi Encontro Latino Americano De Conforto Do Ambiente Construído, Natal. **Anais...** Porto Alegre: Antac, P. 774-782.
- BOGO, A, J; SILVA, M; SILVA, M. (2011) **Análise do Comportamento Térmico de Coberturas no Clima de Blumenau SC**. In: ENTECA 2011 VIII Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM
- BOGO, A. J. (1998) **Clima e Arquitetura em Blumenau**. Blumenau: Furb, Laboratório De Conforto Ambiental, 26p, Il.
- GRIGOLETTI, G. C.; ROTTA, R; MÜLLER, S. (2009) **Avaliação de Desempenho Térmico de Edificação de Interesse Social Unifamiliar em Santa Maria – RS**. In: X Encontro Nacional E Vi Encontro Latino Americano De Conforto Do Ambiente Construído, Natal. **Anais...** Porto Alegre: Antac, P. 642-650.
- HUANGA, S.; TANIGUCHIB, M.; YAMANOC, M.; WANGD, C. **Detecting urbanization effects on surface and subsurface thermal environment**. Human Impacts on Urban Subsurface Environments, 407(9), pp. 3142-3152, 2009. In: Santamouris, M., Editor , Energy and climate in the urban built environment, James & James, London, 2001
- KOMENO, M; SPOSTO, R; KRÜGER, E. (2009) **Análise da Inércia Térmica de Test-Cells de Paredes de Bloco de Concreto e Entulho em Brasília**. Brasília, (13p).
- KOPPE, C; KOVATS, S.; JENDRITZKY, G.; MENNE, B. **Health and global environmental change; heat-waves: risks and responses**, series no. 2, energy, environment and sustainable development, World Health Organization, Copenhagen. 2004
- KOSAREO, L.; RIES, R. **Comparative environmental life cycle assessment of green roofs**, Building and Environment 42, pp. 2606-2613, 2007.
- LOHMANN, A; BARTH, F. (2009) **Análise Comparativa de Desempenho Térmico em Coberturas na Região De Florianópolis**. Universidade Federal De Santa Catarina, Sc. In: X Encontro Nacional E Vi Encontro Latino Americano De Conforto Do Ambiente Construído, Natal. **Anais...** Porto Alegre: Antac.
- MORAIS, C.S.; RORIZ, M. **Comparação entre os desempenhos térmicos de cobertura ajardinada e laje comum em guaritas**. In: 7º Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído – ENCAC. PUC Curitiba/2003.
- POUEY, M. T. F.; SATTTLER, M.A.; SCHNEIDER, P.S. **Coberturas verdes: análise do desempenho térmico**. In: 7º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC, Núcleo de Pesquisa em Construção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/1998.
- SILVA, M; BOGO, A; (2011). **Análise do Comportamento Térmico de Coberturas no Clima de Blumenau Sc**. In: Xi Encontro Nacional E Vii Encontro Latino Americano De Conforto Do Ambiente Construído, Búzios. **Anais...** Porto Alegre: Antac.
- VECCHIA, F. (2005) **Cobertura Verde Leve (Cvl) Ensaio Experimental**. In: Encontro Nacional De Conforto No Ambiente Construído, 8., 2005, Maceió. **Anais...** Porto Alegre: Antac, p. 2146-2155.
- VERGARA, L. G. L.; PIPPI, L. G. A. ; BARBOSA, A. R. (2009) **Aplicação de Telhado Verde Como Tecnologia Sustentável para o Projeto de Edificações Residenciais**. (9p).
- WHITE, K. S. et al. (2001) **Technical summary, climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability**. In: MCCARTHY,J.J.;CANZIANI,O.F.; LEARY,N.A.; DOKKEN, D.J.; WHITE,K.S. Editors, Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability, United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Cambridge University Press, Cambridge, pp. 19-73.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao povo do Brasil, por meio dos recursos financeiros da Bolsa de Pesquisa PIBIC-CNPq, que financiaram o desenvolvimento da pesquisa aqui relatada.