



**XIENCAC**  
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

**VIIELACAC**  
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

## **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE COBERTURAS NO CLIMA DE BLUMENAU SC**

**Marina Deichmann Silva (1); Amílcar José Bogo (2)**

(1) Estudante de Arquitetura e Urbanismo, bolsista PMUC FAPESC, ninadeichmann@hotmail.com

(2) Arquiteto e Urbanista, Dr., Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, arqbogo@furb.br

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, Tel.: (47) 3321-0273

### **RESUMO**

Existem diversos métodos para avaliação do comportamento térmico de edificações e sistemas construtivos, como medições *in loco* no interior das edificações, medições em modelos em escala, simulação computacional e cálculos simplificados de propriedades térmicas. Neste trabalho é apresentado um estudo do comportamento térmico de coberturas no clima de Blumenau – SC. Foi desenvolvido a partir da execução e monitoramento térmico de modelos em escala reduzida (seis células-teste) sujeitas ao clima local, em 2 períodos de calor: ao final de 2010 e início de 2011. Para análise do comportamento térmico das coberturas foram monitoradas a temperatura interna do ar e a umidade relativa interna do ar, a partir da utilização de sensores HOB0® (registradores eletrônicos), dispostos no interior de cada célula-teste. Com os resultados obtidos durante o monitoramento identificou-se um melhor desempenho térmico da cobertura vegetal como sistema construtivo de coberturas para a região, inclusive em situação melhor do que aquelas células-teste com uso de isolamento térmico. Ao mesmo tempo, as diferenças entre a temperatura interna do ar sob as coberturas estudadas não foram significativas, com variação máxima de 2,9 °C. A utilização do telhado verde é uma alternativa técnica e economicamente viável para o clima da região, apresentando vantagens ambientais diversas além do melhor comportamento térmico, como retenção de parte da água da chuva.

Palavras-chave: comportamento térmico, célula-teste, telhado verde.

### **ABSTRACT**

There are several methods to evaluate the thermal performance of buildings and building systems, such as in situ measurements inside the buildings, measurements on scale models, computer simulation and simplified calculations of thermal properties. This paper presents a study of thermal performance of coverage in the climate of Blumenau SC, developed from the performance and thermal monitoring of small-scale models (6-test-cells) subject to the local climate at two periods of heat: the end of 2010 and early 2011. To analyze the thermal behavior of the coverages were monitored indoor air temperature and relative humidity of indoor air, from the use of sensors HOB0® (electronic data loggers), arranged within each test-cell. With the results of thermal monitoring was identified a better thermal performance of vegetation cover as a system of coverage for the region, including better off than those test-cells with the use of thermal isolation. At the same time, differences between the indoor air temperature under the covers studied were not significant, with maximum variation of 2.9 °C. The use of green roof is a technically and economically viable alternative for the region's climate, with many environmental benefits besides better thermal performance, as part of the retention of rainwater.

Keywords: thermal performance, test-cell, green roof.

## 1. INTRODUÇÃO

O clima local de Blumenau - como outras cidades de Santa Catarina - é caracterizado como subtropical ou mesotérmico-úmido com verões quentes (Cfa), gerando grandes períodos de calor durante o ano. Para controlar os ganhos solares diretos nas edificações que causam excesso de calor no ambiente interno, comprometendo a qualidade de vida da população, existe a necessidade de projetar estratégias arquitetônicas e/ou utilizar materiais que tenham um desempenho térmico mais adequado para este clima.

Nesse sentido, Andrade e Roriz (2009) analisaram diversas soluções construtivas que são utilizadas por engenheiros e arquitetos e concluíram que a cobertura é o elemento da edificação que recebe maior intensidade de radiação solar, precisando cuidado especial. *O impacto da radiação solar em dias claros de verão, a perda de calor durante a noite e o inverno, a chuva e a neve afetam a cobertura mais que qualquer outra parte da construção.* (GIVONI, 1976)

Komeno, Sposto e Krüger (2007) perceberam que em vista a necessidade da melhoria do conforto térmico em habitações devido ao frequente desempenho insatisfatório dos sistemas construtivos comuns empregados e ao maior consumo energético para o seu condicionamento térmico, muitas pesquisas têm sido realizadas na área. Novos materiais e componentes para paredes e coberturas, incluindo-se o acoplamento de materiais como isolantes térmicos e até mesmo resíduos estão sendo cada vez mais procurados.

Para avaliar o desempenho térmico de diferentes edificações é possível usar diferentes métodos: avaliação das propriedades térmicas dos materiais por meio de experimentos laboratoriais; medições de campo nas condições reais das edificações e das propriedades térmicas dos materiais; avaliação das propriedades térmicas dos materiais e sistemas construtivos e das temperaturas internas em protótipos representativos (células-teste) em campo; procedimentos de cálculos simplificados de propriedades térmicas dos componentes e/ou cálculo de temperaturas internas; e procedimentos de simulação computacional.

Cada método apresenta suas vantagens e desvantagens como custo, tempo, infra-estrutura laboratorial e capacitação. Os métodos que avaliam a situação em campo, nas condições do clima local do estudo, possibilitam uma melhor compreensão das relações entre o ambiente construído e o clima. A célula-teste se faz importante para estudos *in loco*, visando conhecer o comportamento de uma determinada amostra nas condições climáticas efetivas.

O uso de células-teste reduzidas também se apresenta como uma boa alternativa quando comparado a outros métodos pela possibilidade de custo reduzido. A comparação simultânea de diferentes soluções arquitetônicas e tecno-construtivas *in loco* permite também uma maior compreensão dos resultados.

A escolha das diferentes coberturas se fez pelas opções que a própria comunidade da região costuma utilizar. Já a escolha do telhado verde foi uma busca por uma nova tecnologia. Segundo Dunnet e Kingsburry (2003), seu emprego tem como objetivos principais a diminuição do rigor térmico da edificação, retenção de água pluvial e seu efeito estético. Conforme Andrade e Roriz (2009), as coberturas verdes podem constituir alternativas viáveis para minimizar as altas temperaturas do interior das edificações, provocadas pela radiação solar excessiva, além de auxiliar as cidades a controlar inundações (absorvendo uma parte da água pluvial), melhorar a qualidade do ar, prolongar a durabilidade da cobertura e reduzir custos de energia.

Em pesquisa com células-testes no clima de Florianópolis - SC, Lohmann e Barth (2007) analisaram o comportamento térmico de três coberturas distintas: vegetal, laje e a terceira com telhas de fibrocimento. Foi identificado como a de melhor comportamento a cobertura vegetal, com diferença de até 2,29 °C a menos em sua temperatura interna. Comparando com a cobertura de laje, a cobertura vegetal teve um bom desempenho térmico, mas esta não mostrou grande diferença de desempenho higrotérmico comparado com o sistema de cobertura de fibrocimento.

Outro trabalho de grande semelhança foi desenvolvido por Vecchia (2005), num estudo comparativo do comportamento térmico de quatro sistemas de coberturas tradicionais. Foram testados o aço galvanizado simples, o aço galvanizado com uma camada de poliestireno de 150 mm, o fibrocimento e o cerâmico. A cobertura de melhor desempenho térmico foi a de aço galvanizado com EPS, chegando a 12 °C a menos que a célula-teste com telha cerâmica, a de pior desempenho. Com seus resultados, concluiu-se que há uma grande necessidade de adicionar subcoberturas, forros ou outros dispositivos de isolamento térmico para barrar as trocas de calor.

## 2. OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo identificar qual tipo de cobertura apresenta melhor condição de comportamento térmico para o clima local de Blumenau - Santa Catarina.

### 3. MÉTODO

Esse trabalho compara seis diferentes tipos de coberturas, avaliando comparativamente as temperaturas e umidades relativas internas em seis células-teste com tipos de coberturas diversas. Todas as células-teste estão alinhadas e posicionadas no sentido Nordeste – Sudoeste, com um afastamento considerável entre elas para evitar o auto-sombreamento das unidades vizinhas. Estão todas locadas em uma área de estudo no campus II da Universidade Regional de Blumenau - FURB.

#### 3.1. Características das células-teste

Para a análise construiu-se seis células-teste de blocos de concreto com dimensões de 1,40 x 1,40 m. Há apenas uma pequena abertura na parte frontal de cada célula-teste para as medições poderem ser efetuadas; esta é vedada com uma pequena porta de madeira. A altura varia de acordo com a cobertura de cada protótipo, aproximadamente em 1,40 metros.



Figura 01. Aérea de locação das células-testes; a hachura vermelha demarca o local onde foram construídas.  
Escala: 1/5000 Fonte: Arquivo disponível para estudantes da Universidade Regional de Blumenau

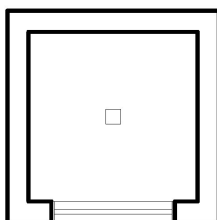


Figura 02. Planta baixa esquemática das células-teste escala 1/50

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

- Laje pré-moldada comum - com fechamento de blocos cerâmicos furados, modo construtivo mais convencional na região – 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 - o material isolante térmico em questão é o poliestireno expandido (EPS) substituindo os blocos cerâmicos furados. Este material é bastante comum e de fácil acesso – espessura de 13cm:

Célula-teste 4. + telha cerâmica

Célula-teste 5. + telha de fibrocimento pintada com tinta branca apropriada

Célula-teste 6. + cobertura vegetal

Adiante nas figuras 3 a 9 são apresentadas as células-teste analisadas, individualmente e isoladamente.



Figura 03 - Célula-teste 01. Laje sem isolamento térmico + telha de fibrocimento



Figura 04 - Célula-teste 02. Laje sem isolamento térmico + telha cerâmica



Figura 05 - Célula-teste 03. Laje sem isolamento térmico + cobertura vegetal



Figura 06 - Célula-teste 04. Laje com isolamento térmico + telha cerâmica



Figura 07 - Célula-teste 05. Laje com isolamento térmico + telha de fibrocimento



Figura 08 - Célula-teste 06. Laje com isolamento térmico + cobertura vegetal



Figura 09 – Células-teste alinhadas com insolação vespertina

As telhas cerâmicas e de fibrocimento foram fixadas de forma convencional sobre a laje. O telhado verde foi executado da forma mais adequada e simples para sua manutenção. Para impermeabilizar a laje foi utilizado duas camadas de lona preta. Para drenar a água da chuva foi utilizado 10 cm de brita número 1. Em seguida adicionado 12 cm de terra que contem os nutrientes necessários para o crescimento da grama sempre-verde em leiva que foi posicionada por último. Para auxiliar na drenagem da cobertura foram feitos furos a cada 20 cm no perímetro da madeira inferior (testeira) que sustenta os materiais do telhado verde, este apresentado de forma esquemática na figura 10 adiante

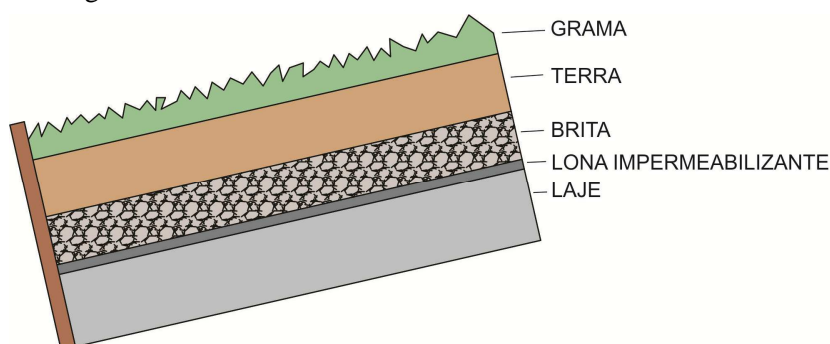


Figura 10 – Detalhe das camadas utilizadas na cobertura

### 3.2. Medições comparativas entre as células-teste

Para as medições das variáveis temperatura e umidade relativa interna, foram utilizados seis pequenos registradores, aparelhos eletrônicos HOBO®, com sensores adequados. Os equipamentos foram configurados via *software* próprio de computador para que a cada uma hora registrassem as informações solicitadas. Os aparelhos foram dispostos sobre um pedestal de madeira com 1 metro de altura no centro geométrico dos protótipos. Todas as medições foram realizadas simultaneamente em todos os protótipos para gerar um resultado com a máxima precisão. As medições foram realizadas nos períodos de 12 de dezembro de 2010 a 24 de janeiro de 2011 e de 24 de janeiro a 21 de fevereiro de 2011.

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

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1. Primeiro período de medições

As primeiras medições ocorreram entre os dias 12 de dezembro de 2010 a 24 de janeiro 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. Nesta primeira fase de medições ocorreram alguns problemas técnicos com dois aparelhos, mas os gráficos ainda são validos para acompanhar as variações de temperatura e umidade relativa interna que ocorreram neste período.

#### 4.1.1. Medições internas de temperatura do ar

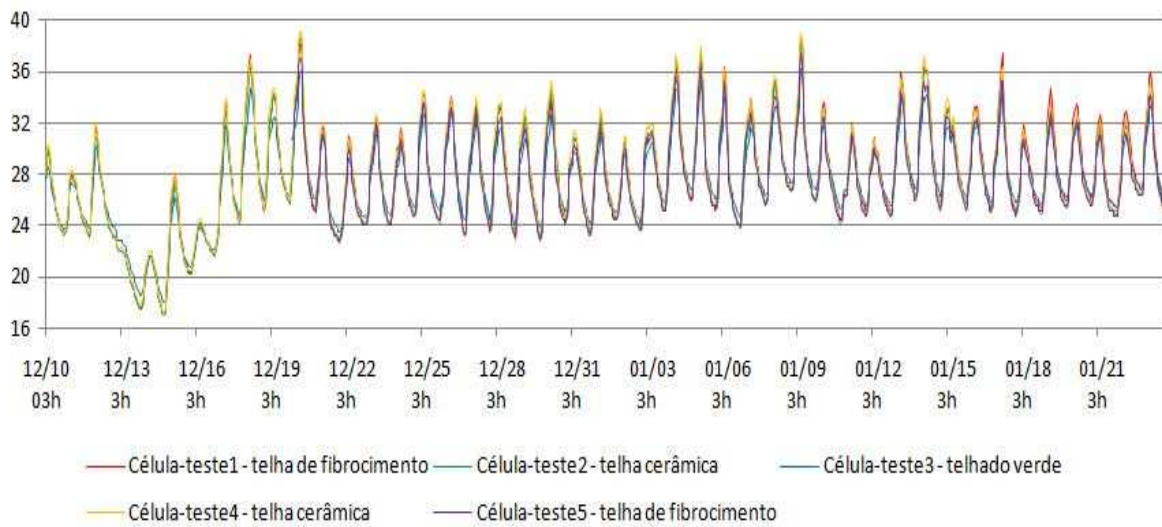


Gráfico 01 – Medições comparativas de temperaturas internas entre células-testes no período de 12/10 - 3h a 24/01 - 8h

#### 4.1.2. Medições internas de umidade relativa do ar

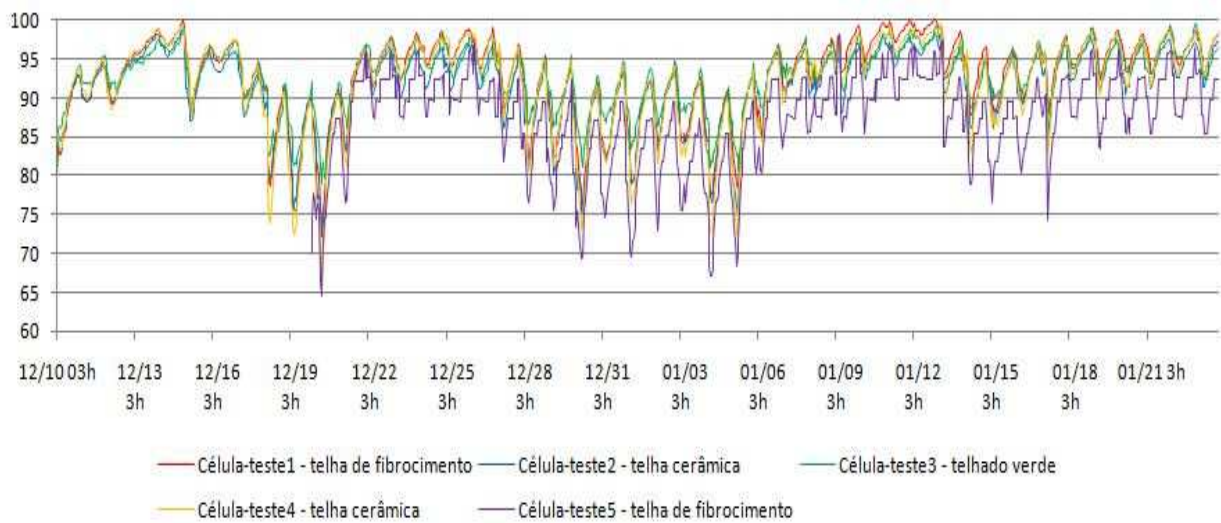


Gráfico 02 – Medições comparativas de umidades relativas internas entre células-testes no período de 12/10 - 3h a 24/01 - 8h

#### 4.2. Segundo período de medições

Este segundo período de medições ocorreu entre os dias 24 de janeiro a 21 de fevereiro de 2011, com as mesmas variações do primeiro período: dias de temperatura variada e células-testes fechadas, sem que houvesse trocas de fluxo de ar entre o ambiente interno e externo.

#### 4.2.1. Medições internas de temperatura do ar

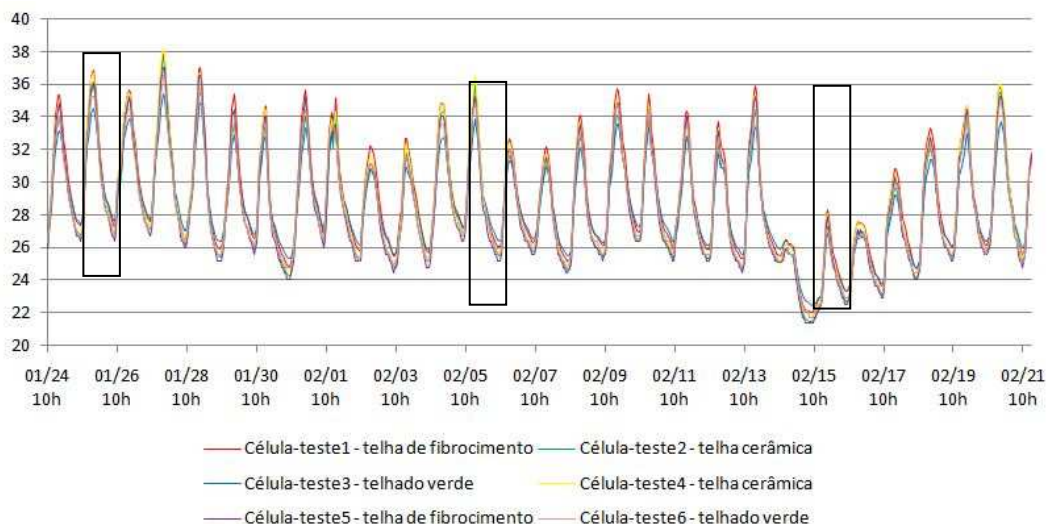


Gráfico 03 – Medições comparativas de temperaturas internas entre células-testes no período de 24/01 - 10h a 21/02 - 15h. Detalhe para os três picos em destaque que serão analisados a seguir.

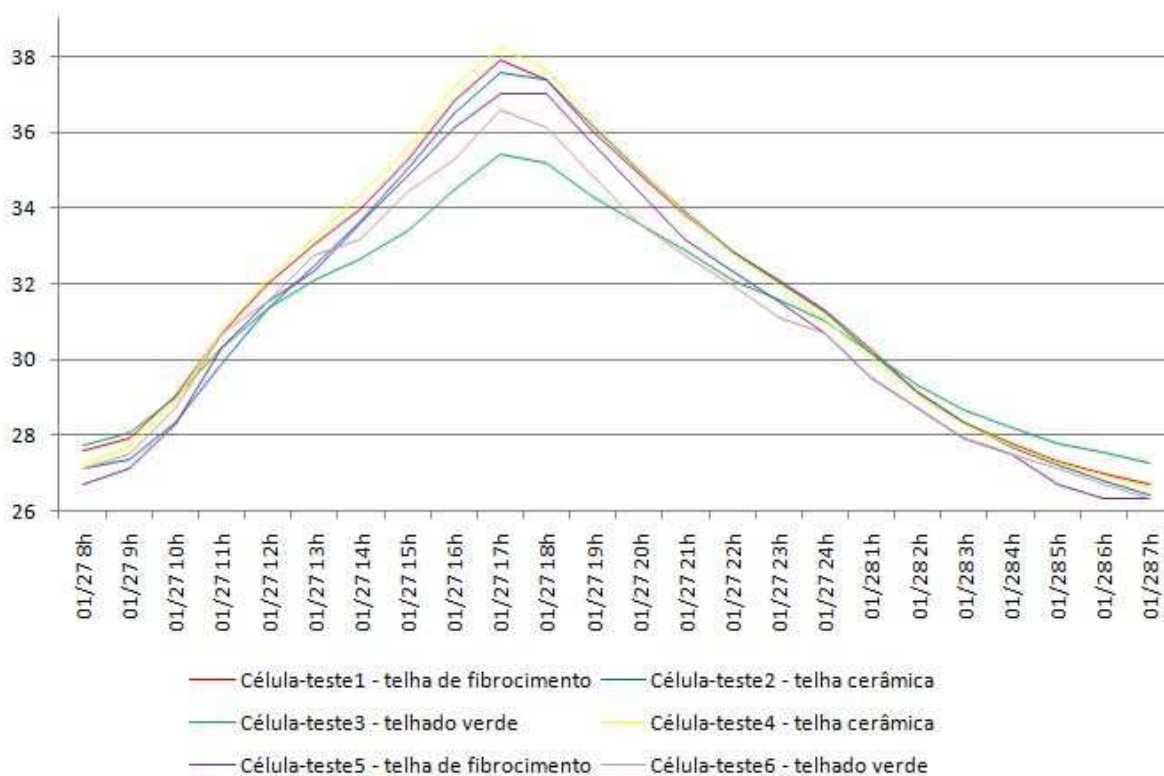


Gráfico 04 – Detalhe pico 1 - medições comparativas de temperaturas internas entre células-testes no período de 27/01 - 8h a 28/01 - 7h

No Gráfico 04 anterior é possível observar que a célula-teste 3 (laje sem isolamento térmico e telhado verde) foi a que teve melhor comportamento térmico, ou seja, menor temperatura interna. Já 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 17h do dia 27/01, onde a célula-teste 1 atingiu 37,9 °C, a célula-teste 2 37,5 °C, a célula-teste 3 35,3 °C, a célula-teste 4 38,2 °C, a célula-teste 5 37 °C e a célula-teste 6 36,5 °C.

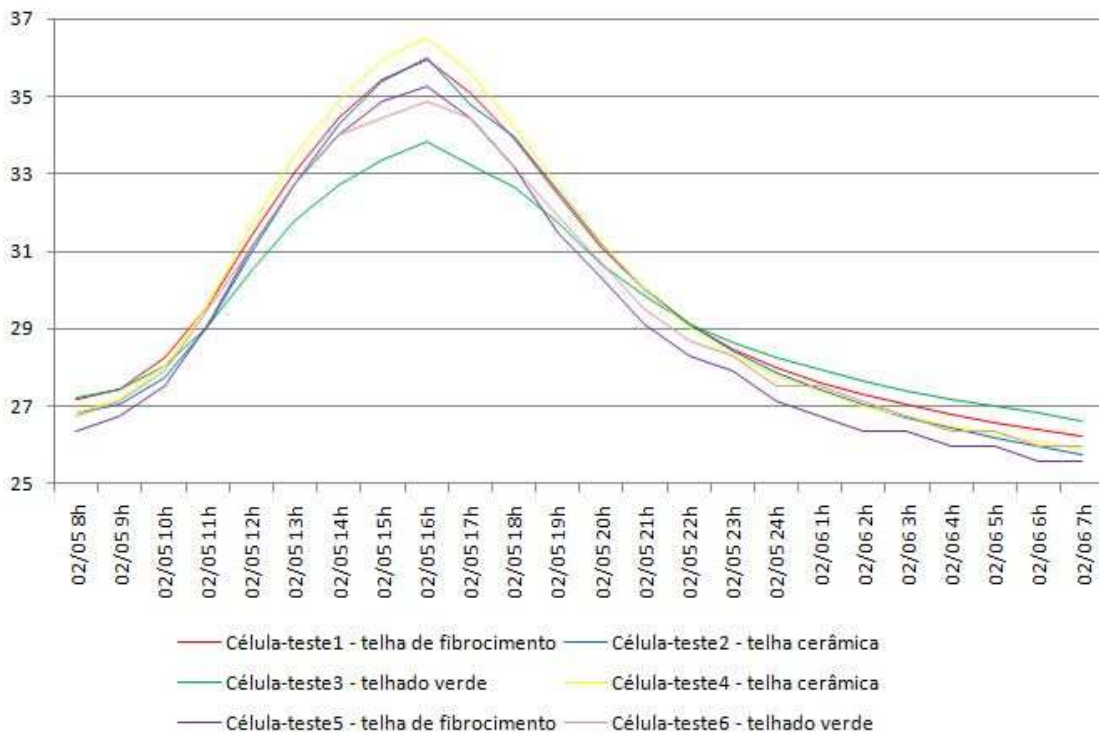


Gráfico 05 – Detalhe pico 2 - medições comparativas de temperaturas internas entre células-testes no período de 05/02 - 8h a 06/02 - 7h

No Gráfico 05 anterior é possível observar que a célula-teste 3 (laje sem isolamento térmico e telhado verde) ainda foi a que teve melhor comportamento térmico, e a com pior comportamento continua sendo a célula-teste 4 (laje com isolamento térmico e telha cerâmica), havendo entre as duas uma diferença de até 2,7 °C durante o período analisado. A maior diferença entre os dados obtidos das células-teste foi às 15h do dia 05/02, onde a célula-teste1 atingiu 35,4 °C, a célula-teste 2 35,3 °C, a célula-teste 3 33,3 °C, a célula-teste 4 36 °C, a célula-teste 5 34,8 °C e a célula-teste 6 34,4 °C. Pode-se observar que as células-teste 1 e 2 tiveram pouca variação em seus resultados, da mesma forma as células-testes 5 e 6 também tiveram mínimas variações.

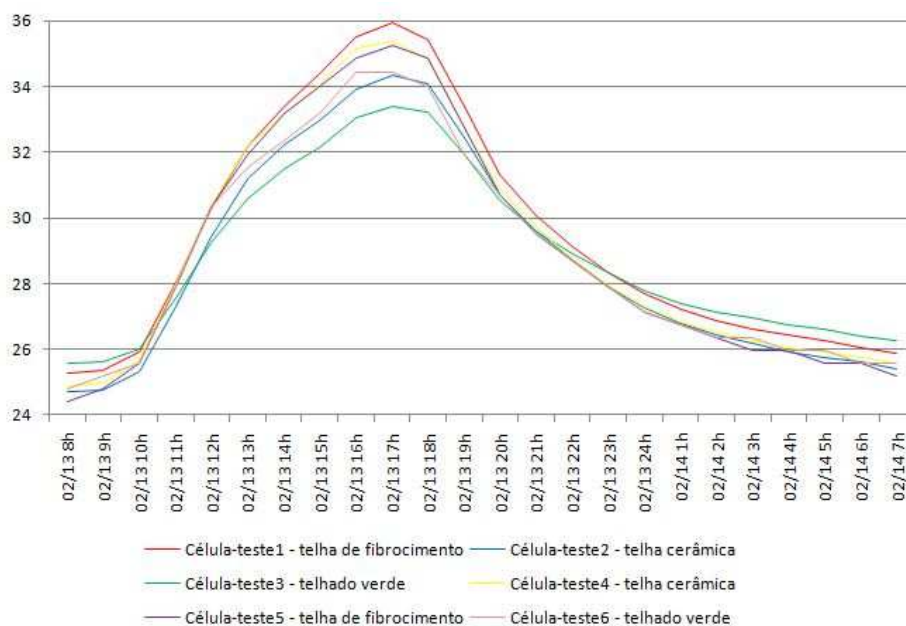


Gráfico 06 – Detalhe pico 3 - medições comparativas de temperaturas internas entre células-testes no período de 13/02 - 8h a 14/02 - 7h



No Gráfico 06 anterior é possível observar que a célula-teste 3 continua tendo melhor comportamento térmico, apresentando uma melhor resistência, e a com pior comportamento aparece a célula-teste 1 (laje sem isolamento térmico com telha de fibrocimento pintada de branco), havendo entre as duas uma diferença de até 2,6 °C durante o período analisado. A maior diferença entre os dados obtidos das células-teste foi às 16h do dia 13/02, onde a célula-teste 1 atingiu 35,5 °C, a célula-teste 2 33,9 °C, a célula-teste 3 33 °C, a célula-teste 4 35,1 °C, a célula-teste 5 34,8 °C e a célula-teste 6 34,4 °C.

#### 4.2.2. Medições internas de umidade relativa do ar

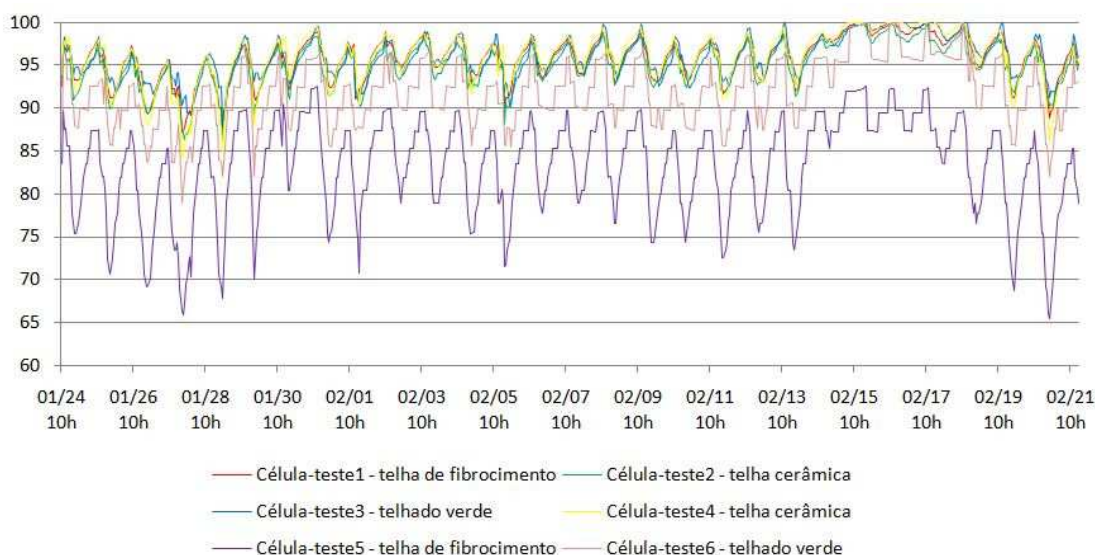


Gráfico 07 – Medições comparativas de umidades relativas internas entre células-testes no período de 24/01 - 10h a 21/02 - 15h

Em relação a umidade relativa interna do ar, tanto no primeiro como no segundo período de medições pode-se observar que na sua grande maioria ficou acima de 70%, ou seja, altos valores, característica típica do clima local, com média anual de aproximadamente 80% (BOGO, 1998). Neste sentido, a análise do comportamento térmico das coberturas frente a umidade relativa do ar não foi objeto de maior atenção.

## 5. CONCLUSÕES

Diante dos dados expostos, pode-se concluir que com relação às medições experimentais, a resposta do objetivo deste trabalho foi alcançada: foi identificado qual das seis coberturas distintas tem um melhor comportamento térmico. Por meio dos resultados analisados pode-se observar que a célula-teste com cobertura vegetal teve o melhor comportamento térmico, chegando a ter uma temperatura de até 3°C a menos que outros sistemas. Mesmo sem grande diferença de comportamento em relação a outras células-teste, observou-se que a execução do telhado verde é uma alternativa técnica e economicamente viável para o clima da região.

As células-teste são semelhantes devido as suas mesmas características construtivas, a mesma implantação no terreno e mesma orientação das aberturas; apenas assim foi possível observar exatamente a diferença de temperaturas devido a diferença dos materiais de suas coberturas. Esta diferença entre temperaturas internas no telhado verde ocorre devido a incidência solar na célula-teste onde a evapotranspiração do vegetal retira calor da cobertura, resfriando a superfície do teto, amenizando a temperatura interna.

As medições foram satisfatórias, demonstrando que a cobertura vegetal tem um bom comportamento térmico. Com este tipo de cobertura, é possível observar uma boa melhoria da qualidade do ar e integração harmoniosa entre vegetação e áreas edificadas, assim contribuindo para aumentar os níveis de conforto e reduzir o consumo de energia dentro da edificação. Pode-se também dizer que a cobertura vegetal é uma ótima opção em reformas de edificações, substituindo a cobertura existente por uma vegetal. Mesmo sem grandes ganhos significativos de comportamento térmico em coberturas com estas configurações, as

vantagens do sistema de cobertura vegetal como área permeável no terreno, retenção de água e utilização de materiais com baixo consumo energético fazem uma opção sustentável para edificações.

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

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, Nixon César de; RORIZ, Maurício. **Comportamento térmico de cobertura verde utilizando a grama *brachiaria humidicola* na cidade de São Carlos, SP.** 2009. 9p.
- AKUTSU, Maria; VITTORINO, Fúlvio. **Avaliação comparativa do desempenho térmico de cobertura com e sem isolante térmico.** 1999. 8p.
- BOGO, Amílcar Jose. **Clima e arquitetura em Blumenau. Blumenau** : FURB, Laboratorio de Conforto Ambiental, 1998. 26p, il.
- DUNNET, N; KINGSBURY, N. **Planting green roofs and living walls.** Portland, Oregon: Tiber Press, 2003.
- GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture.** 2ª edição. Londres. Ed. Applied Science Publishers LTD / 1976.
- GRIGOLETTI, Giane; ROTTA, Renata; MULLER, Sâmila. **Avaliação de desempenho térmico de edificação de interesse social unifamiliar em Santa Maria – RS.** 2009. 9p.
- LOHMANN, Alberto; BARTH, Fernando. **Análise comparativa de desempenho térmico em Coberturas na região de Florianópolis.** Universidade Federal de Santa Catarina, SC. 2009. 7p.
- KOMENO, Márcio H.; SPOSTO, Rosa Maria; KRÜGER, Eduardo L. **Análise da inércia térmica de test-cells de paredes de bloco de concreto e entulho em Brasília,** 2009.
- MACIEL, Marcela Marçal; LABAKI, Lucila Chebel; AGUIAR, Osmar J. R. **Habitação em madeira no trópico úmido – Avaliação do desempenho térmico em protótipo de madeira na cidade de Belém-Pará.** 2009. 10p.
- MARQUES, Wilson; CASTRO, Regis de; ISAAC, Marcelus. **Desempenho térmico de alvenaria de solo-cimento e sua adequação ao zoneamento bioclimático brasileiro.** 2009. 7p.
- MILANI, Ana Paula S.; ANDREASI, Wagner Augusto; LABAKI, Lucila Chebel. **Monitoramento térmico de edificação-protótipo construída com sistema de paredes maciças de solocimento-cinza de casca de arroz.** 2009. 7p.
- VECCHIA, Fernando. **Estudo comparativo do comportamento térmico de quatro sistemas de cobertura. Um estudo experimental para reação frente ao calor.** Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP. 5p.
- VECCHIA, Francisco. **Cobertura verde leve (CVL) ensaio experimental.** 2005. 10p.
- VERGARA, L. G. L.; PIPPI, L. G. A. ; BARBOSA, A. R. **Aplicação de telhado verde como tecnologia sustentável para o projeto de edificações residenciais,** 2009. 9p.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina - FAPESC e à Fundação Fritz Müller – FFM, pelos recursos financeiros aplicados no financiamento da bolsa de pesquisa e no desenvolvimento do projeto.