



ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE TELHA DE MATERIAL RECICLADO E TELHA DE AÇO EM EPISÓDIO CLIMÁTICO

Peralta, Gizela (1); Schieri, Eduvaldo (2); Ferreira, Osny Pelegriano (3)

(1) Arquiteta, mestranda na área de tecnologia da arquitetura (2) Engenheiro de materiais, Professor Associado do curso de arquitetura (3) Engenheiro civil, Professor Doutor do Departamento de arquitetura (1), (2), (3) - USP - EESC – Escola de Engenharia de São Carlos - Av. Trabalhador São-carlense, 400, Centro; CEP:13566-590 - São Carlos - SP Brasil
e-mail: (1) gizela@sc.usp.br; (2) sichieri@sc.usp.br; (3) osnypefe@sc.usp.br

RESUMO

O presente trabalho fundamenta-se na análise comparativa de duas coberturas existentes em protótipos na Escola de Engenharia de São Carlos - USP. O estudo parte inicialmente de uma abordagem macro, a partir da influência de determinado episódio climático que reflete a atuação de uma massa de ar polar, sobre um componente de uma edificação (micro). Para compreensão do comportamento destas coberturas, foram realizadas análises comparativas, no mesmo período, verificando as variações térmicas para o período considerado.

ABSTRACT

This work covers the analysis and comparison of two roofs in prototypes in the “São Carlos” Engineering School – USP. The study begins with a macro approach, starting with the effect of a climatic episode which reflects a “cold front actuation”, in a building component (micro). For the comprehension of the behaviour of these roofs, comparative analyses were made, in the same period, verifying the thermal variations for the chose period.

1 INTRODUÇÃO

Os produtos ecológicos voltados para a construção sustentável representam uma área de grande potencial para o Brasil, mas ainda pouco explorada. Dentre os vários produtos desenvolvidos aproveitando-se resíduos, encontram-se as telhas ecológicas. Como uma forma de garantir sua segura inserção no mercado, é necessário conhecer suas características, para verificar seu desempenho em relação aos materiais convencionais, a fim de serem estabelecidos critérios e classificações adequadas. No caso de coberturas, uma das questões primordiais refere-se ao comportamento térmico, cuja análise deve estar diretamente associada ao clima local e suas mudanças temporais correspondentes.

Os estudos mais comuns de comportamento térmico realizados para coberturas, referem-se à influência da radiação incidente sobre o incremento de temperatura. No entanto, também é necessária a análise de sua reação ao frio, especialmente para regiões que apresentam freqüentes (e consideráveis) gradientes de temperatura em curtos intervalos de tempo. Assim, foi realizada a análise do comportamento térmico de uma cobertura ecológica (telha de Tetra Pak reciclado) e de uma cobertura convencional (aço galvanizado), frente a um episódio climático comum na região de São Carlos (SP), com a atuação de frente fria, resultante do deslocamento de massas de ar polar.

2 DESCRIÇÃO DOS PROTÓTIPOS E SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

As coberturas analisadas se encontram no canteiro experimental do laboratório de construção civil (LCC) da EESC-USP. O conjunto é constituído por nove protótipos, sendo analisados neste estudo apenas uma cobertura alternativa e uma convencional (Figuras 1 e 2):

- Protótipo 01: cobertura com telhas Tetra Pak, fabricadas com material reciclado a partir de resíduo Tetra Pak;
- Protótipo 02: cobertura com telha de aço galvanizado;

Todos os protótipos foram implantados segundo a direção leste-oeste e construídos com os mesmos materiais e dimensões, diferenciando-se apenas na cobertura. Possuem o piso de concreto com revestimento de argamassa de cimento desempenada, alvenaria de tijolo maciço (0,10m) e paredes pintadas com cal branca. Os protótipos possuem área de 5 m² (2,20 m x 2,70 m), com altura de 2,60 na fachada leste e 3 m na fachada oeste.

A cobertura de material reciclado (Figura 1) utiliza resíduos de embalagens longa vida, compostas de papel (75%), polietileno (20%) e alumínio (5%). A produção de telhas a partir destas embalagens é uma das alternativas de reciclagem do material, a qual foi aplicada em um dos protótipos para análise do comportamento térmico.



Figura 1 Protótipo com telha de material reciclado



Figura 2 protótipo de aço galvanizado



Figura 3 Estação meteorológica CR10X

A estação meteorológica CR10X Campbell Scientific (Figura 3) coleta os dados externos (temperatura, umidade relativa, radiação solar, direção dos ventos predominantes e índice pluviométrico), os quais ficam armazenados nesta, sendo descarregados através de um módulo de armazenamento com um "datalogger". Posteriormente são transferidos para um computador, via software de programação PC208 W (programa específico da Campbell Scientific Inc.) e interface de comunicação SC32A. Um multiplexador (com canais para conexão dos termopares tipo T) instalado em um dos protótipos registra os dados de todos os protótipos (temperatura superficial das telhas, temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido).

3 CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DO EPISÓDIO CLIMÁTICO ADOTADO

A análise foi realizada a partir de um episódio climático caracterizado pela influência de uma frente fria sobre a região de São Carlos. O evento teve início no dia 29/09/2004, como se pode constatar nas imagens do satélite GOES¹ (Figura 4). O episódio representativo do fato climático vai de 29/09/2004 a 04/10/2004, sendo considerados nesta avaliação, os seguintes dados climáticos: temperatura externa, umidade relativa, radiação solar global, temperatura interna (a 1,50 m do piso dos protótipos) e temperatura superficial interna das telhas.

As frentes atingem, em períodos de primavera, a latitude do trópico de Capricórnio, mas com menor nitidez e intensidade, estendendo-se para os meses de setembro e outubro. CABRAL (2001) apud MONTEIRO (1968) afirma que na situação transicional de inverno para primavera², quando as massas de ar polares começam a perder o vigor habitual, peculiar dessa época do ano, observa-se a penetração de frentes em caráter dissipado e com maior frequência. Esse episódio descreve a entrada de uma frente fria de média intensidade, caracterizando-se pela etapa pré-frontal (prenúncio e avanço) e pós-frontal (domínio e transição).

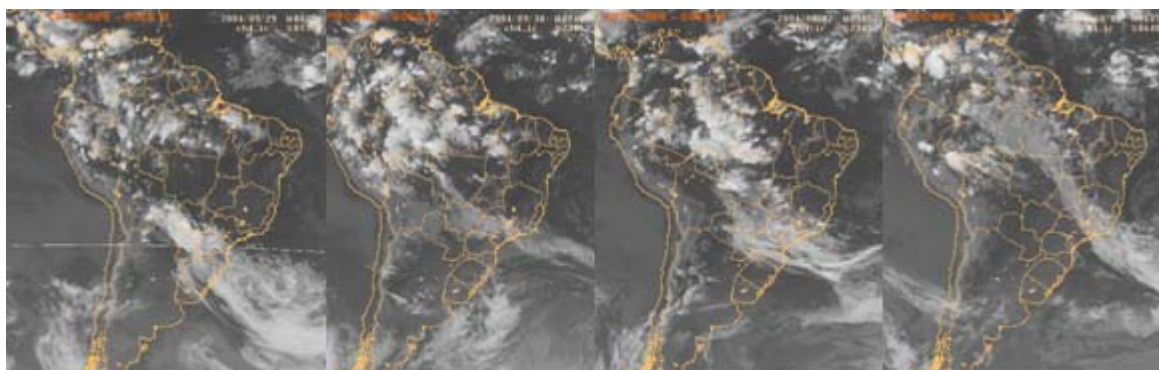


Figura 4 Sequência: 29/09 01h15' – Fase de Prenúncio; 30/10 23h45' – Fase de avanço; 02/10 23h45' – Fase de domínio; 04/10 06h45' – Fase de transição.

O episódio adotado revela a presença de uma massa de ar polar que se dirigiu para a região sudeste, tendo como fase de prenúncio o dia 29/09, avanço o dia 30/09, domínio os dias 01/10, 02/10 e 03/10, e fase de transição o dia 04/10. O gráfico 01 ilustra o comportamento da temperatura e umidade relativa do ar entre 29/09 e 04/10/04.

A fase de prenúncio da pré-frontal pode ser notada no dia 29/09 quando há uma elevação da temperatura e queda acentuada da umidade, chegando a 35% (sofrendo oscilações de até 20% neste dia). Ainda na pré-frontal, durante a fase de avanço, a temperatura começa a sofrer uma queda e a umidade aumenta mais de 40%. Já na pós-frontal, na fase de domínio (que se inicia no fim do dia 30/09 estendendo-se até o dia 04/10), nota-se um período de relativa estabilidade da queda da temperatura e elevação considerável da umidade relativa do ar, chegando a atingir picos de 95% (pois a massa de ar polar tinha em sua retaguarda bastante umidade). A fase de transição apresenta uma acentuada queda da umidade e elevação da temperatura acima das médias verificadas na fase de domínio.

¹ <http://satelite.cptec.inpe.br/>

² ainda que o período considerado não esteja na fase transicional inverno/ primavera, a análise também é válida para este caso

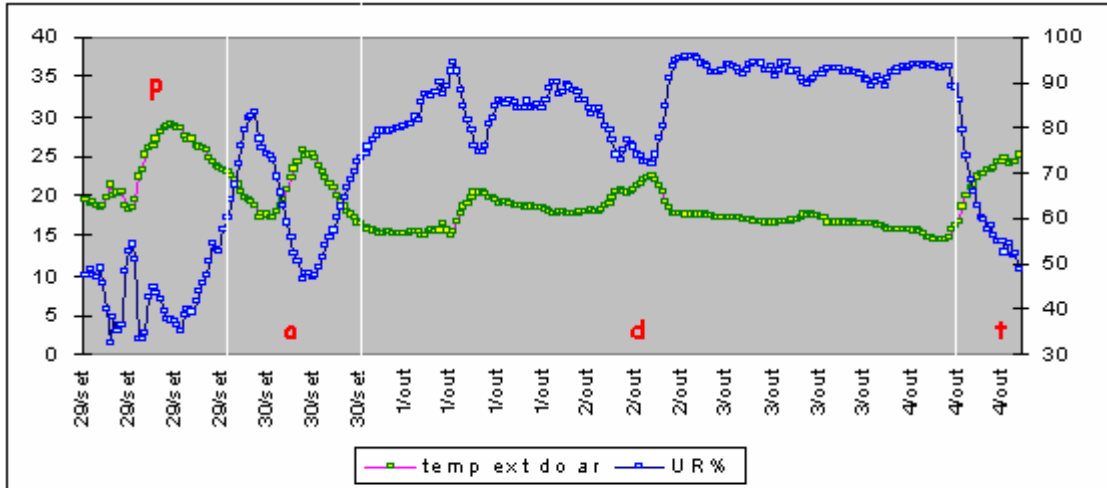


Gráfico 01 – Temperatura e umidade relativa do ar, no período de 29/09 a 04/10/2004 - Legendas: p - pré-frontal; a - avanço; d - domínio; t – transição.

Ainda na pré-frontal, durante a fase de avanço, a temperatura começa a sofrer uma queda e a umidade aumenta mais de 40%. Já na pós-frontal, na fase de domínio (que se inicia no fim do dia 30/09 estendendo-se até o dia 04/10), nota-se um período de relativa estabilidade da queda da temperatura e elevação considerável da umidade relativa do ar, chegando a atingir picos de 95% (pois a massa de ar polar tinha em sua retaguarda bastante umidade). A fase de transição apresenta uma acentuada queda da umidade e elevação da temperatura acima das médias verificadas na fase de domínio.

O gráfico 02 mostra o comportamento da radiação solar global, onde as oscilações evidenciam a diminuição gradual dos níveis de nebulosidade entre 01/09 e 03/10. Pode-se observar no dia 30/09 há um certo pico no valor da radiação, chegando a atingir 762 W/m^2 , às 10:30. Durante o domínio da frente fria, há evidência da presença de nebulosidade, onde o maior valor atingido nesse período foi de apenas 323 W/m^2 ao 12:30. No dia 03/10, os valores da radiação solar global se reduzem mais devido à intensa nebulosidade (com ou sem chuvas), o que não permite que o solo se aqueça, e consequentemente provoca queda de temperatura do ar (o que pode ser confirmado no gráfico da Fig. 8). O fim do ciclo ocorre no dia 04, que apresenta às 9:30 um pico de 758 W/m^2 e uma média de $437,4 \text{ W/m}^2$.

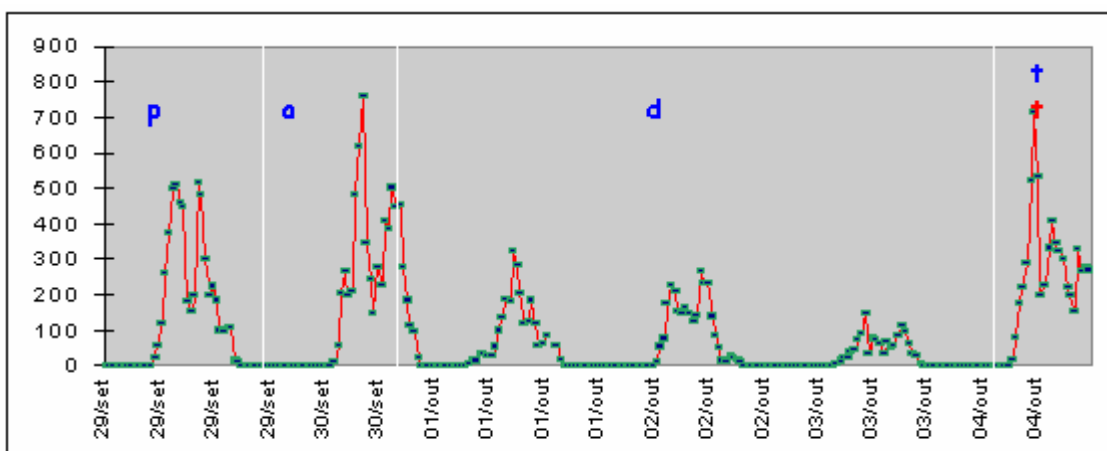


Gráfico 02 Radiação solar global (W/m^2), no período de 29/09 a 04/10/2004

4 ANÁLISE COMPARATIVA

Neste estudo, a análise do comportamento térmico das coberturas frente ao frio foi realizada a partir da comparação da diferença entre a temperatura externa e a temperatura interna dos protótipos a 1,50 m do piso e na superfície interna das telhas. O gradiente de temperatura verificado nos protótipos e a diferença entre as máximas e mínimas alcançadas para cada um, permite uma análise comparativa segura, já que todos os protótipos estão submetidos às mesmas condições climáticas e as coberturas estão sobre sistemas construtivos idênticos.

A análise foi realizada para as etapas de pré e pós-frontal, ressaltando-se as quatro fases da frente fria. Durante o avanço há uma queda de temperatura, que se intensifica, e se estende em toda a fase de domínio (gráfico 3). No início do domínio, com a brusca queda de temperatura, as temperaturas dos protótipos se aproximam bastante da externa. Na fase de transição, as temperaturas voltam a se elevar, correspondendo aos picos de radiação solar registrados neste dia (gráfico2).

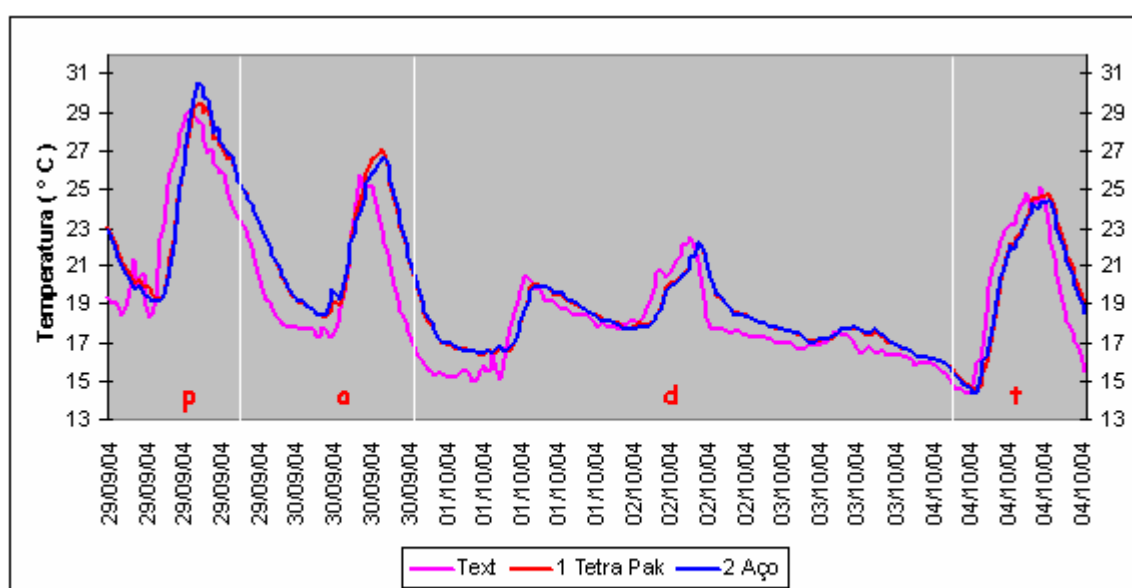


Gráfico 3 Relação das temperaturas internas dos protótipos e temperatura externa

As senóides das temperaturas internas dos dois protótipos são muito semelhantes, sobrepondo-se durante toda a fase de domínio, com exceção de curtos períodos durante os picos de temperatura. A maior diferença entre a temperatura interna dos protótipos foi de apenas 1,03 °C, quando às 13:30 (29/09) a temperatura do protótipo de cobertura Tetra Pak foi 29,4 °C e a temperatura do protótipo de aço galvanizado foi de 30,43 °C.

Na fase de avanço, no período de elevação da temperatura externa, esta se iguala, durante sua elevação, à temperatura interna dos protótipos. A maior diferença de temperatura entre os protótipos e a temperatura externa ocorre no início da fase de domínio, equivalendo a 1,42 °C.

O gráfico 4 reúne as senóides das temperaturas internas dos protótipos, temperaturas superficiais das telhas e temperatura externa, notando-se uma evidente diferença das temperaturas superficiais com as demais. As temperaturas superficiais da telha de aço são sempre superiores às da telha de material reciclado, especialmente na fase de avanço, onde a temperatura superficial da telha de aço chegou à 49,78 °C, e a outra, 39,71°C, configurando uma diferença relevante de 10,07 °C.

O início da queda de temperatura externa, na fase de avanço, aumenta a diferença entre as temperaturas superficiais, mas, durante toda a fase de domínio, estas diferenças são bastante reduzidas, principalmente no final desta fase (onde a maior diferença de temperatura é de apenas

3,47° C, sendo 17,31° C de temperatura externa e 20,78 °C a temperatura superficial da telha de aço). Na fase de transição, a diferença aumenta para todos os protótipos, e o comportamento térmico destes passa a ser semelhante àquele verificado no prenúncio.

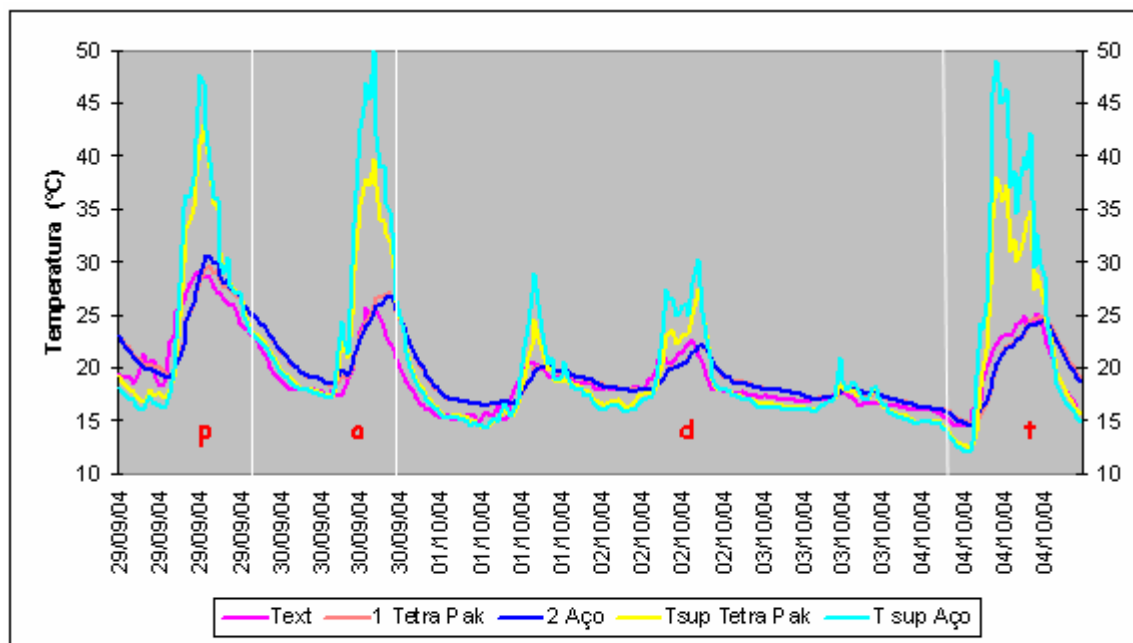


Gráfico 04 Temperaturas internas dos protótipos, temperaturas superficiais das telhas e temperatura externa

5 CONCLUSÃO

As temperaturas internas dos protótipos são muito próximas da temperatura externa, em todas as fases de evolução da frente fria, inclusive nos momentos que a precedem, e a temperatura externa apresenta valores elevados. As diferenças significativas são verificadas nas temperaturas superficiais, onde nos instantes de pico, a temperatura da telha de aço é sempre maior do que a da telha Tetra Pak. No entanto, com a queda da temperatura (domínio da massa de ar polar), as diferenças das temperaturas superficiais são notavelmente reduzidas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABRAL, A. S. (2001). *Estudos climáticos e ambiente construído no município de Descalvado – SP*. Dissertação de mestrado, EESC-USP, São Carlos – SP.

CERQUEIRA, M. H. (2002). *Placas e telhas produzidas a partir da reciclagem do polietileno/alumínio presente nas embalagens Tetra Pak*. São Carlos – SP.

GIVONI, Baruch (1992). *Comfort, climate, analysis and building design guidelines*. Energy and buildings, v18. Julho/92.

Progclima (19 de outubro de 2004) - *Boletim de Prognóstico climático*, ano 01, número 10.