



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

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

Búzios - RJ - 2011

## **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE TELHAS PRODUZIDAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE EMBALAGENS ACARTONADAS COM PELÍCULA ALUMINIZADA**

**Patrícia R. S. A. Jardim (1); Virgínia M. D. Araujo (2)**

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo,  
patriciaabreujardim@gmail.com

(2) Dra, Professora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo,  
virginiamdaraujo@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo –  
PPGAU/ UFRN- Centro de Tecnologia, Caixa Postal 1524, Natal – RN, 59072-970, Tel.: (84) 3215-3776

### **RESUMO**

O presente estudo teve como objetivo comparar o desempenho térmico da telha fabricada com material reciclado (resíduos de embalagens acartonadas com película aluminizada) com telhas de fibra e betume, fibrocimento e cerâmica vermelha visando verificar a adequabilidade desta telha para ser usada em clima quente e úmido de baixa latitude. Foram selecionadas amostras disponíveis nas lojas de material de construção da cidade de Natal- RN, na forma como eram vendidas aos consumidores. As amostras foram submetidas a análises de desempenho térmico, propriedades termofísicas e de absorvância utilizando-se câmaras de desempenho térmico, medidor de propriedades termofísicas e espectrômetro portátil, respectivamente. Nas análises de desempenho térmico e de absorvância a telha de material reciclado apresentou desempenho similar ao da telha de fibrocimento. Esse comportamento foi confirmado através da análise estatística dos dados obtidos nas câmaras de desempenho térmico. Os resultados demonstram que ao serem utilizadas, as telhas de material reciclado devem ser submetidas a critérios técnicos similares aos usados para a telha de fibrocimento no que se refere ao ganho de calor para o interior da edificação. Estes critérios devem levar em consideração as características locais, principalmente em regiões de clima quente e úmido, e seus usos devem estar associados, de acordo com a literatura, a elementos de isolamento térmico e/ou utilização de técnicas passivas como áticos ventilados, forro e pé direito mais elevado.

Palavras-chave: desempenho térmico, coberturas, telhas.

### **ABSTRACT**

This study aimed to compare the thermal performance of tiles made from recycled material (waste of cardboard packaging with aluminized film) with the tiles of fiber cement, fiber and bitumen and red ceramic with the aim of verify the adequacy of this tile for be used in hot and humid climate of low latitude. The samples were selected according to market availability of Natal-RN, in the way they were sold to consumers. The tiles were submitted to analysis of thermal performance, thermophysical properties and absorptance, using chambers of thermal performance, measuring the thermophysical properties and portable spectrometer, respectively. In the analysis of thermal performance and absorptance the tile from recycled material showed a similar performance to that of fiber cement tiles. This behavior was confirmed by statistical analysis of data obtained in the chambers of thermal performance. The result show that when in used, the tiles of recycle material shall be subject to technical criteria similar to those used for tile of fiber cement in relation to heat gain inside the building. These criteria should take into account local characteristics, particularly in regions with hot and humid climate, and its use must be associated, according to the literature, the elements of thermal insulation and / or use of passive techniques such as vented attics, ceilings and right foot higher.

Keywords: thermal performance, roofing, tiles.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o número de pesquisas que buscam soluções construtivas menos impactantes para o meio ambiente tem se intensificado. Pesquisadores e indústrias comprometidas com as questões ambientais vêm desenvolvendo alternativas ao modelo tradicional da construção, dentre as quais estão a reciclagem dos resíduos da construção civil e a utilização de produtos desenvolvidos a partir de resíduos de outras indústrias.

Em relação aos novos produtos, percebeu-se que alguns deles estão sendo inseridos no mercado da construção de forma gradual, porém nem sempre são submetidos a avaliações mais profundas e são vendidos sem as especificações de uso adequadas.

No que se refere às transmissões de calor para as edificações sabe-se que a envoltória dos edifícios tem grande influência na eficiência energética das mesmas e o conhecimento do comportamento térmico dos materiais que a compõem passa a ser um dos elementos prioritários no processo de projeto. As propriedades desses materiais poderão influenciar na forma como estes respondem a radiação térmica e, conseqüentemente, na qualidade do ambiente, no conforto dos usuários e, dependendo das condições climáticas, no uso de sistemas mecânicos ou passivos.

Levando-se em consideração as condições climáticas e a variação do comportamento das superfícies quando expostas a radiação térmica, em regiões de clima quente e úmido a cobertura se torna um elemento chave do projeto no que se refere à redução das cargas térmicas transferidas para o ambiente interno. Neste contexto, a cidade de Natal–RN, situada em região de clima quente e úmido, recebe uma alta carga térmica.

Araújo, Martins e Araújo (1998) analisando os dias típicos de radiação global para Natal-RN estimados para dois períodos do ano (abril a setembro e outubro a março), observaram que os planos horizontais recebem mais energia térmica nas horas mais quentes do que os planos verticais Fig.2.

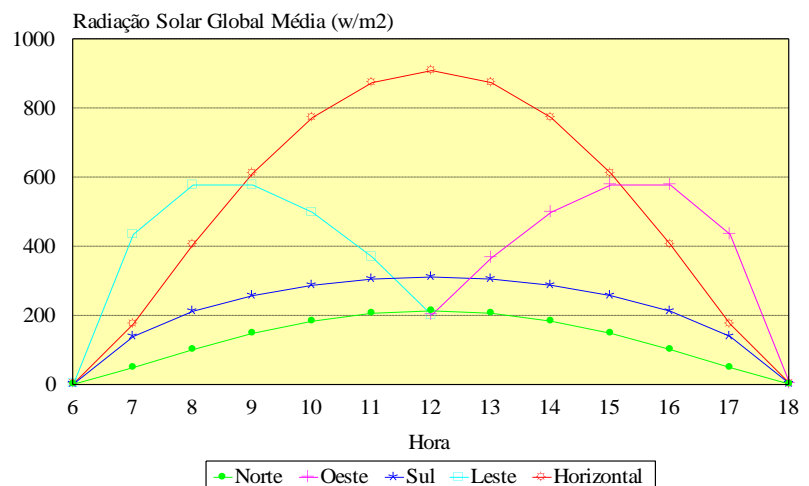


Figura 2- incidência da Radiação global para Natal nos planos horizontais

Fonte: Araújo, Martins e Araújo (1998)

Segundo Lamberts et al (2011), Natal chega a ter o sombreamento recomendado na edificação e em suas aberturas em 99,4% do ano. Essa alta carga térmica recebida pela cobertura é transferida ao interior da edificação, geralmente provocando um aumento no consumo de energia, sendo necessário adotar medidas que minimizem a necessidade de resfriamento ativo.

Diante destes aspectos percebeu-se a necessidade de conhecer o comportamento térmico de materiais usados em coberturas vendidos no mercado, tendo-se como critério a demanda local e fatores de inovação.

Dentre os materiais coletados destacamos a telha oriunda da reciclagem de resíduos de embalagens acartonadas com película aluminizada, por se tratar de um material relativamente novo e comercializado com um grande apelo ecológico. Este tipo de embalagem caracteriza-se por ter um período de decomposição longo (100 a 200 anos) e alto consumo (produto largamente utilizado pela indústria alimentícia), sendo sua reciclagem bastante significativa do ponto de vista ambiental.

Procurou-se então fazer uma análise comparativa de desempenho térmico entre as telhas já conhecidas no mercado e a telha de material reciclado com o intuito de conhecer o seu comportamento térmico.

Análises de desempenho mecânico e físico-químico já foram feitas por Araújo, Moraes e Altidis (2008), tendo como parâmetro a telha de fibrocimento. Os resultados demonstraram um melhor desempenho físico-mecânico das telhas de material reciclado. No entanto, devido às especificidades do clima quente e úmido, faz-se necessário um estudo mais aprofundado de comportamento térmico deste material para que não seja usado de forma inadequada comprometendo o conforto térmico das edificações.

## 2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi conhecer o desempenho térmico de telhas produzidas a partir de resíduos de embalagens acartonadas com película aluminizada e compará-lo com o de telhas tradicionais obtidas no mercado a fim de se ter uma visão aproximada da adequabilidade deste material para uso em região de clima quente e úmido e de baixa latitude.

## 3. MÉTODO

Foram feitas análises de desempenho térmico, propriedades termofísicas e de absorvância da telha de material reciclado e de telhas tradicionais mais conhecidas como: fibrocimento, cerâmica vermelha e alternativa (fibra e betume), utilizando-se câmaras de desempenho térmico, medidor de condutividade térmica e espectrômetro, respectivamente.

### 3.1. Desempenho térmico das amostras

Neste estudo as análises de desempenho térmico foram realizadas em regime permanente, utilizando-se duas câmaras de ensaios de madeira compensado, com as seguintes dimensões: 0,50 m de comprimento, 0,50 m de largura e 0,50 m de altura.

As telhas foram colocadas dentro das câmaras, apoiadas em uma placa de MDF com espessura de 3.0 mm, simulando o forro de uma habitação.

Cada câmara foi instrumentada com termopares (tipo T – cobre-constantan), fabricados no Laboratório de Transferência de Calor (LTC) e calibrados no Laboratório de Metrologia (LabMetrol) da UFRN.

A fixação dos termopares foi feita com uma mistura de óxido de cobre (CuO) e resina epóxi (Araldite) com tempo de cura de 24 horas. O óxido de cobre foi usado para evitar que a resina isolasse o termopar impedindo a captação dos dados de temperatura (Fig.3).

Um termopar foi fixado na superfície inferior de cada telha e os demais foram fixados: na superfície inferior do forro, no interior e no piso das câmaras, conectados a um sistema de aquisição de dados interligados a um computador, programado para registrar, a cada cinco minutos, a média das dez últimas medições (Fig. 4).

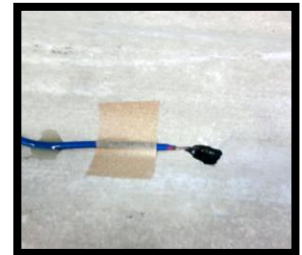


Figura 3-Foto do termopar fixado na superfície inferior da telha.

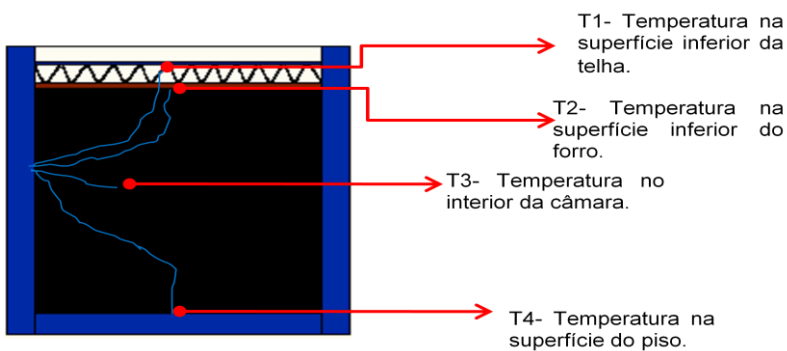


Figura 4- Infográfico do posicionamento dos termopares no interior da câmara térmica.

O aquecimento artificial foi fornecido por um banco de lâmpadas incandescentes, fixadas em um suporte móvel, basculante e com dispositivo para regulagem da distância às câmaras, com 2.400 W de potência, para uso como fonte de radiação térmica destinada ao aquecimento das telhas (Fig. 5).



Figura 5-Câmaras de ensaios de desempenho térmico com as telhas estudadas.

As câmaras de desempenho térmico foram calibradas e cobertas apenas com o forro de MDF. Essa calibração permitiu determinar as diferenças de temperaturas nos pontos de medição no centro e no piso das câmaras.

Para realização dos testes, o computador era ligado e a sala de experimentação era climatizada antes do início do aquecimento. Depois de 1 hora, as lâmpadas eram ligadas e a sala lacrada por 24 horas, tempo suficiente para o sistema atingir o regime permanente e para se obter uma quantidade expressiva de dados, caso ocorresse alguma interferência no ambiente. Após esse período, a sala era aberta, as lâmpadas desligadas e o registro em computador gravado em um disco removível. Em seguida o computador era desligado e todas as portas do laboratório eram abertas para acelerar o processo de resfriamento das câmaras, procedimento que durava cerca de 1 hora. Após esse período, trocavam-se as amostras de telhas e repetiam-se os procedimentos anteriores para nova análise. Para realização dos ensaios foram confeccionados seis corpos de prova (49.5 cm x 49.5cm).

Os tipos de telhas considerados no estudo foram selecionados em função da disponibilidade no mercado, tendo-se como critério a demanda local e fatores de inovação. Na figura 6 estão representadas as amostras das telhas pesquisadas e em destaque as telhas de embalagens acartonadas com película aluminizada.





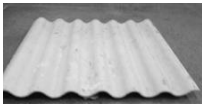

	Amostra - A Telha vermelha Espessura: 3.0 mm Composição: fibra de celulose e betume.
	Amostra - A1 Telha verde Espessura: 3.0 mm Composição: fibra de celulose e betume.
	Amostra - B Telha de material reciclado Espessura: 6.0 mm Composição: alumínio e polietileno
	Amostra-B1 Telha de material reciclado (ondulação baixa) Espessura: 4.0mm Composição: alumínio e polietileno
	Amostra - C Telha de fibrocimento Espessura: 4.0 mm Composição: cimento reforçado com fio sintético.
	Amostra- D Telha cerâmica vermelha Espessura: 8.0mm Composição: argila

Figura 6-Fotos das telhas estudadas.

### 3.2. Propriedades termofísicas das amostras

Antes da realização dos ensaios em câmaras térmicas foram realizadas avaliações das propriedades termofísicas das amostras de telhas na espessura em que foram encontradas no comércio, utilizando-se, para tanto, o analisador de propriedades termofísicas Quick-line MT-30(Fig.7) do Laboratório de Geologia da UFRN.

O princípio de funcionamento do aparelho está baseado na análise da temperatura de resposta do material quando este é submetido a um fluxo de calor pulsante. O fluxo térmico é produzido pelo aquecimento de uma resistência elétrica inserida na sonda que está em contato térmico direto com o material analisado (MEDEIROS, 2005).



Figura 7- Medidor de propriedades térmicas Quick-line 30



O Quick-line MT-30 é um equipamento multifuncional usado para medir a temperatura de superfícies.

Por ser de natureza transitória este método, leva somente poucos minutos, em contraste com os métodos que envolvem estado estacionário. O Aparelho fornece os valores de condutividade térmica ( $\lambda$ ), capacidade calorífica ( $C_p$ ) e difusividade térmica ( $a$ ).

Para análise das propriedades termofísicas foram feitas quatro amostras das telhas: cerâmica, fibrocimento, material reciclado e fibra e betume.

As amostras foram colocadas sobre a bancada e na superfície de cada uma foi aplicada uma fina camada de pasta térmica na região que entraria em contato com a sonda de superfície (Fig.8) para preencher eventuais espaços vazios do material.

Foram realizadas três medições de cada amostra para se estimar um valor médio de suas propriedades.



Figura 8- Sonda de superfície

### 3.3. Absortância das amostras

O ganho térmico de uma edificação depende, entre outros fatores, de uma propriedade denominada absortância solar ( $\alpha$ ). Esta propriedade é definida pela NBR 15220-1 como o “quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície”.

O espectro de radiação solar compreende a radiação Ultra Violeta, Visível e Infravermelha, que são regiões de pequenos comprimentos de onda ou de onda curta.

Nesta pesquisa focamos o interesse na radiação infravermelha por causa de sua natureza térmica e sua contribuição para o ganho de calor na edificação.

O Infravermelho (IV) próximo compreende o intervalo contido entre 780nm até aproximadamente 2500nm e corresponde a aproximadamente 43% do espectro solar. A natureza destas radiações é principalmente térmica (Ferreira e Prado, 2003).

Para se mensurar a absortância dos materiais em estudo, foi utilizado o espectrômetro ALTA II que pertence ao Labcon (Laboratório de conforto ambiental da UFRN).

O ALTA II mede comprimentos de onda através de um orifício circular localizado em sua base. Este orifício possui 11 lâmpadas, que correspondem a um comprimento de onda cada: 470nm (Blue), 525nm (Cyan), 560nm (Green), 585nm (Yellow), 600nm (Orange), 645nm (Red) e 700nm (Deep Red), na região do visível, e 735nm (IR1), 810nm (IR2), 880nm (IR3) e 940nm (IR4) na região do infravermelho.

Na parte frontal do aparelho encontram-se 11 botões que, quando pressionados, acendem a lâmpada correspondente, emitindo energia. No centro do orifício há um sensor que capta a energia refletida, cujo valor em milivolts (mV) é indicado em uma tela na parte frontal do equipamento.

O procedimento de medição de acordo o manual do aparelho, consiste em obter as voltagens para cada comprimento de onda e a voltagem de fundo para a amostra a ser analisada e para uma amostra de referência (folha de papel branco comum).

Em cada amostra, inclusive a de referência, foram realizadas três leituras de voltagem para cada comprimento de onda, adotando-se o valor médio. Após coletados os dados, estes foram inseridos em uma planilha, para que se pudesse calcular a refletância para cada comprimento de onda e a correção do valor de absortância a partir do espectro solar padrão.

Para evitar interferência da luz externa nos resultados, foi produzida uma pequena câmara escura e uma moldura de papelão na cor preta. Esta moldura foi contornada por fita isolante para evitar que esta se rasgasse com o manuseio e para que tivesse maior aderência ao aparelho reduzindo a entrada de luz externa (Fig.9).



Figura 9-Espectrômetro ALTA II

As amostras foram colocadas dentro da câmara tendo-se o cuidado de deixar o sensor em contato com a parte plana da amostra sem que houvesse desnível do aparelho.

Apesar de o aparelho medir onze comprimentos de onda, foi considerado neste estudo apenas a absorvância na faixa do infravermelho, principal responsável pelo desconforto térmico no interior da edificação.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1. Análise das propriedades termofísicas

Considerou-se isoladamente as propriedades térmicas das telhas (condutividade, capacidade calorífica e difusividade térmica) como parâmetro de análise. As médias dos valores obtidos foram expressas em gráficos.

No gráfico de condutividade térmica (Fig.10) a telha de B apresentou o valor mais alto de condutividade térmica demonstrando uma maior facilidade em conduzir o calor que as demais telhas.

No gráfico da Figura 11 pode-se observar que a telha B apresentou também o maior valor de  $C_p$  significando um tempo maior para o sistema alcançar o equilíbrio. Apesar de sua condutividade térmica ter sido bastante alta em relação às outras telhas, a amostra B precisará de uma quantidade maior de calor para aumentar a sua temperatura.

A maior difusividade térmica também foi alcançada pela telha B (Fig.12), mas, como o calor específico volumétrico foi maior que a condutividade térmica, pode-se perceber que apesar do material responder rapidamente a mudanças nas condições térmicas opostas ele precisa de uma quantidade maior de energia para que essa mudança ocorra.

### 4.2. Teste de calibração das câmaras térmicas.

Constatou-se que a máxima diferença entre as temperaturas no interior das câmaras foi de aproximadamente  $0.3^{\circ}\text{C}$ , enquanto no piso a diferença máxima foi de  $0.7^{\circ}\text{C}$ . Assim, estando os valores dentro da faixa de incerteza dos termopares (cerca de  $1^{\circ}\text{C}$ ), pode-se considerar que as câmaras ofereceram equivalência de condições, fator imprescindível aos objetivos do estudo realizado (Fig.13).

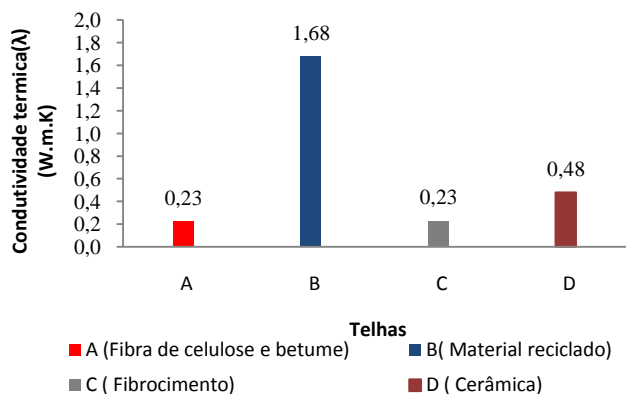


Figura 10-Condutividade térmica das amostras

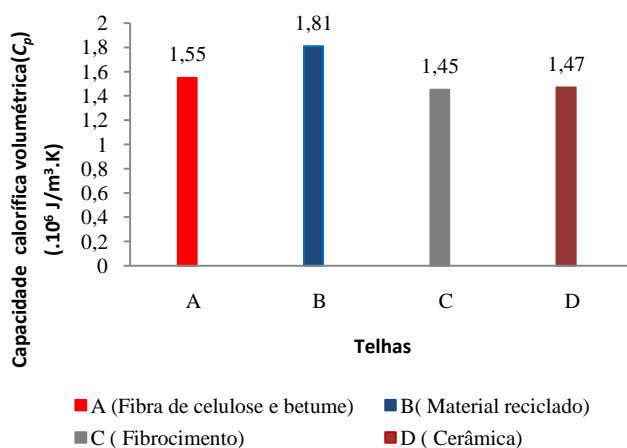


Figura 11-Capacidade calorífica volumétrica das amostras

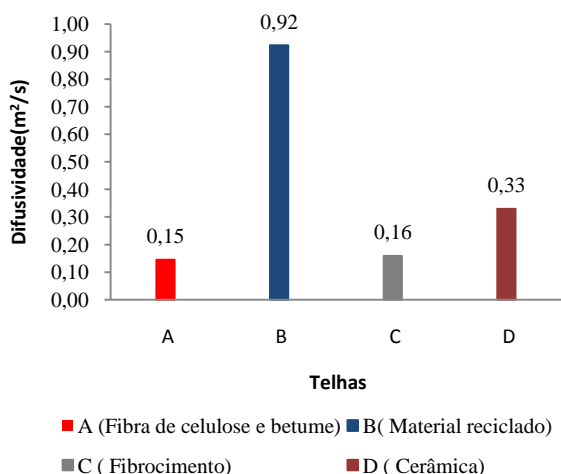


Figura 12-Difusividade térmica das amostras

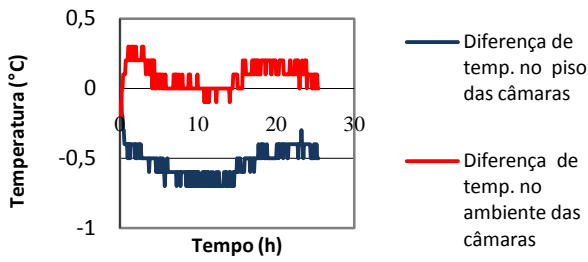


Figura 13- Gráfico das temperaturas no interior das câmaras e no piso no teste de calibração.

### 4.3. Análise das curvas de temperatura das amostras

Os gráficos das Figuras 14 a 17 apresentam as curvas das temperaturas superficiais das amostras, do forro, do piso e de bulbo seco no interior das câmaras, em função do tempo, no período de 24h.

Observou-se que, entre 12h00 e 17h00, foi atingido o regime permanente.

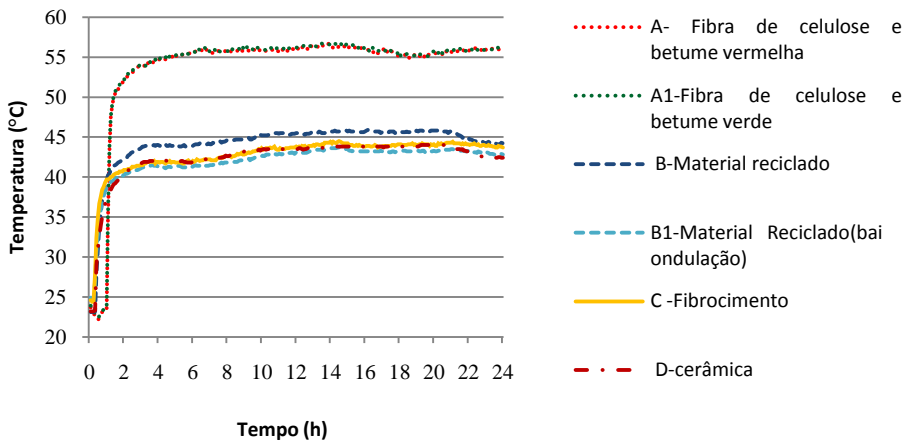


Figura14-Curvas de temperatura medidas nas superfícies inferior das telhas

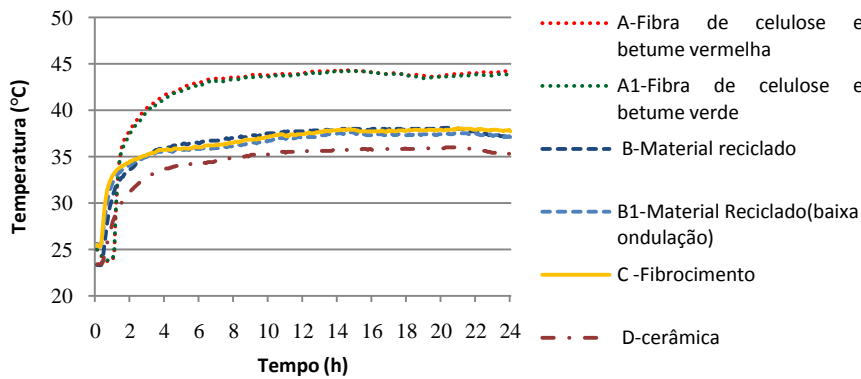


Figura 15- Curvas de temperatura medidas no forro das câmaras

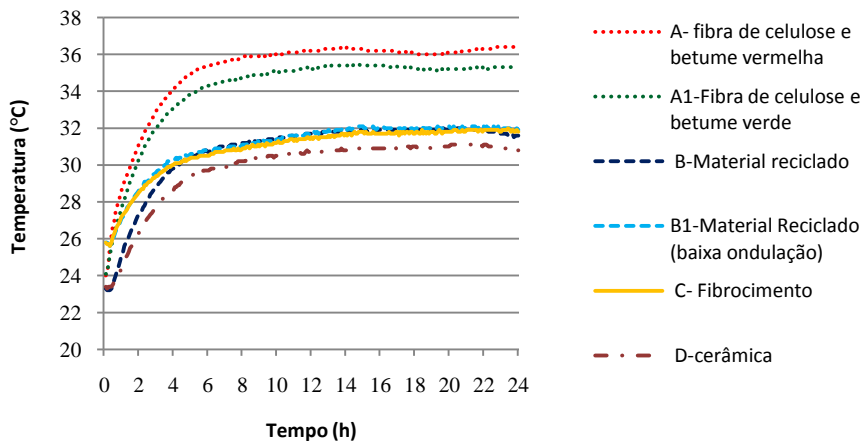


Figura16-Curvas de temperatura medidas no interior das câmaras

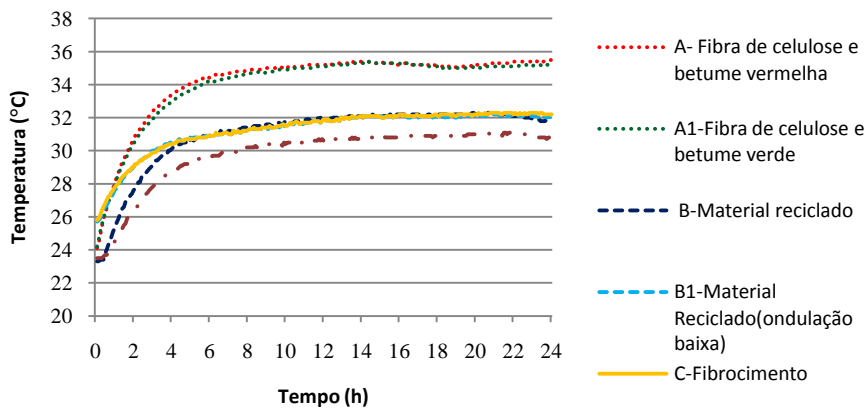


Figura17-Curvas de temperatura medidas no piso das câmaras

As telhas A e A1 (fibra e betume) apresentaram maiores valores de temperatura média. As demais telhas (B, B1, D e C) tiveram valores de temperatura muito próximos, dentre elas as telhas B e B1, tiveram comportamento térmico similar ao da telha C. A telha D alcançou as temperaturas mais baixas obtendo o melhor desempenho.

#### 4.4. Análise de absorvância

Nas análises de absorvância para os comprimentos de onda na faixa do infravermelho apresentadas nos gráficos da Figura18, as telhas de cores mais escuras D (cerâmica vermelha), A (Fibra e betume vermelha) e A1 (Fibra e betume verde) alcançaram os maiores valores e as telhas de cores claras C (Fibrocimento), B (Material reciclado) e B1 (Material reciclado com baixa ondulação) os menores.

A amostra B1 que possuía uma quantidade maior de alumínio obteve um valor de absorvância ligeiramente mais alto que o da amostra B, porém esta diferença foi pouco significativa. A telha que obteve o valor mais baixo de absorvância foi a telha de fibrocimento.

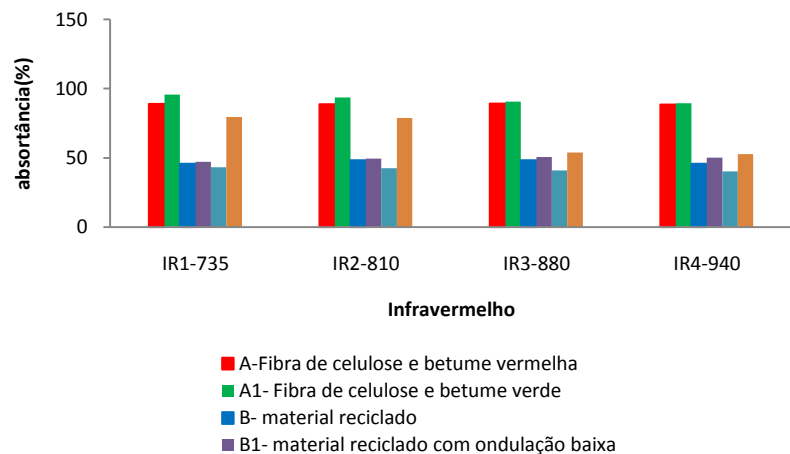


Figura 18- Gráfico de absorvância na região do infravermelho

#### 4.5. Análise estatística dos dados obtidos nas câmaras térmicas

Como o interesse desta pesquisa é de conhecer o comportamento térmico da telha de material reciclado em relação às demais amostras, a análise estatística foi feita comparando-se a média das temperaturas obtidas nas câmaras térmicas para a amostra B (material reciclado) com a média das outras amostras estudadas: A (Fibra de celulose e betume vermelha), A1 (Fibra de celulose e betume verde), B1 (material reciclado com baixa ondulação), C (Fibrocimento), D (Cerâmica vermelha).

Para atingir o objetivo foi testada a hipótese estatística:

$H_0$ : As temperaturas médias dos tipos de telhas B e B1, A, A1, C e D são equivalentes.

$H_A$ : As temperaturas médias dos tipos de telhas B e B1, A, A1, C e D diferem.

A partir da análise dos resultados constatou-se que a um nível de significância de 5%  $H_0$  foi rejeitada para as telhas B, A, A1 e D, ou seja, pode-se dizer que as temperaturas médias dos tipos de telhas diferem. Como a amostra D teve uma média inferior às demais esta foi considerada com melhor desempenho e as amostras A e A1 o pior, apresentando as maiores temperaturas entre as amostras.

Ao nível de significância de 5%, a hipótese  $H_0$  foi aceita para as amostras B, B1 e C, ou seja, as temperaturas dos três tipos de telhas são semelhantes.



#### 4.5.1 Teste de Análise de Variância tomando a medição como fator

Conforme a análise de variância representada nos gráficos a seguir das Figuras 19 a 24, pode-se concluir com um nível de significância de 5%, que todos os efeitos são significativos, ou seja, o tipo de telha, o ponto de medição e a medição interferem na temperatura.

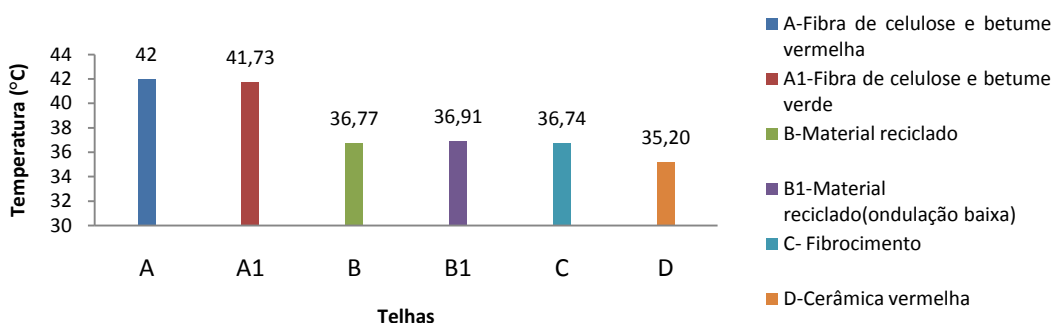


Figura 19- Temperatura média por tipo de telha.

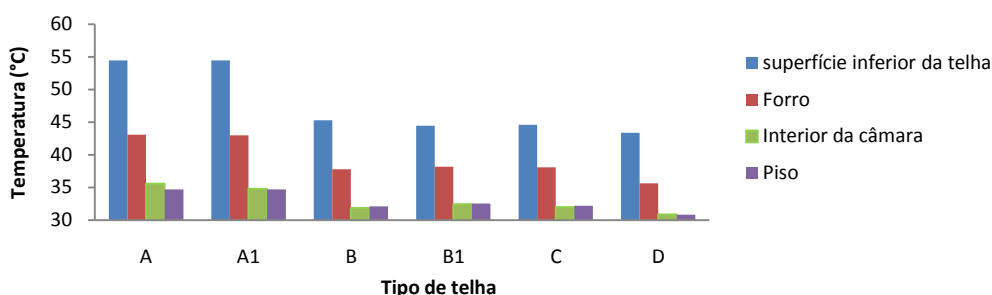


Figura 20- Temperatura média por ponto de medição x tipo de telha

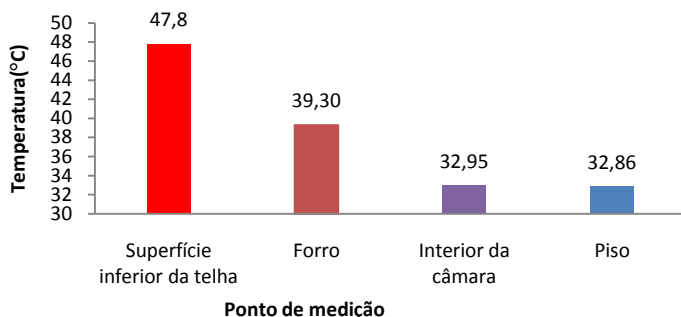


Figura 21- Temperatura média por ponto de medição

## 5. CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados observou-se que apesar da amostra de material reciclado ter apresentado uma maior condutividade térmica na análise de propriedades termofísicas, foram as telhas A e A1 (fibra e betume), que mesmo tendo apresentado baixa condutividade tiveram os maiores valores de temperatura quando avaliadas em câmaras térmicas em comparação com as demais.

Os elevados valores de temperatura, observados nas câmaras térmicas, foram repetidos nas análises de absorvância e podem ser atribuídos a características apresentadas pelo material tais como: menor espessura entre as amostras selecionadas, presença de rugosidade superficial e cor escura fosca, características que segundo pesquisadores já referenciados, podem aumentar consideravelmente a absorvância.

As Telhas C (fibrocimento) e B (material reciclado) apresentaram desempenhos térmicos muito próximos nas análises em câmaras de desempenho térmico. Nas análises de absorvância a telha C (fibrocimento) apresentou valores mais baixos que a B (material reciclado), o que pode ser atribuído a sua cor mais clara e superfície menos rugosa.

Nas análises de condutividade térmica a telha B(material reciclado) apresentou o maior valor de temperatura, apesar de seu desempenho térmico ter se aproximado do desempenho da telha de Fibrocimento nas análises em câmaras térmicas e de absorvância.

A telha D (Cerâmica), apesar de apresentar alta absorvância, teve melhor desempenho térmico, fator este que pode ser atribuído a porosidade do material que permite trocas térmicas com o ambiente, mesmo em regime permanente, e a sua maior espessura.

As amostras C(fibrocimento), B(material reciclado) e B1(material reciclado com baixa ondulação) apresentaram desempenhos térmicos muito próximos, condizentes com avaliações de comportamento térmico (célula teste) e refletividade, realizadas por Peralta (2006) e confirmadas através da análise estatística dos dados.

Nas análises de condutividade térmica a telha B(material reciclado) apresentou o maior valor de temperatura, apesar de seu desempenho térmico ter se aproximado do desempenho da telha de Fibrocimento quando analisadas em câmaras térmicas e no espectrômetro.

Como foi visto os resultados referentes às amostras de material reciclado (B e B1) apresentam-se diferentes dos divulgados no mercado, onde este material teria ótimo desempenho por causa de sua cor clara e da presença do alumínio em sua composição, que seria responsável pela reflexão de parte da energia térmica incidente. Esta avaliação errônea foi refutada através da análise estatística dos dados obtidos em câmaras térmicas, onde a diferença entre a amostra B (material reciclado) e a amostra B1(material reciclado com baixa ondulação e maior presença de alumínio) foi insignificante. Estes erros de avaliação e os resultados obtidos neste estudo confirmam a afirmação de Dornelles (2007), de que na análise de comportamento térmico não se deve utilizar como parâmetro apenas a cor, mas uma associação de características e propriedades inerentes ao material.

A partir dos resultados e da análise estatística dos dados obtidos em câmaras térmicas verificou-se que a telha de Material reciclado tem comportamento térmico similar ao da telha de fibrocimento. O tamanho da ondulação e a quantidade de alumínio não provocaram diferença significativa em relação ao desempenho térmico da mesma. Portanto, as telhas analisadas devem ser usadas com critérios técnicos em função das características locais, principalmente em regiões de clima quente e úmido, e seus usos devem estar associados, de acordo com a literatura, a elementos de isolamento térmico e/ou utilização de técnicas passivas como áticos ventilados, forro e pé direito mais elevado.

As análises de desempenho em regime permanente, de propriedades termofísicas e absorvância proporcionaram uma visão do comportamento das telhas, objeto de estudo, confirmado através da análise estatística dos dados. O objetivo deste estudo foi, portanto, atingido. Porém, análises e testes devem ser efetuados com equipamentos mais precisos, para que as características deste material possam ser claramente especificadas evitando que aplicações inadequadas possam resultar em edificações com desconforto e gasto energético excessivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, D. C.; MORAIS, C. R. S.; ALTIDES, M.E.D. **Avaliação mecânica e físico-química entre telhas convencionais e alternativas usadas em habitações populares**. 2008. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.3.2 (2008) 50-56-ISSN 1809-8797.
- ARAÚJO, Eduardo H. S., MARTINS, Themis L. F., ARAÚJO, Virgínia M. D. **Tratamento de dados climáticos para o projeto térmico de edificações em Natal – RN**. Natal: EDUFRRN, 1998.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- DORNELLES, Kellen A.; RORIZ, Mauricio. **Métodos alternativos para identificar a absorvância solar de superfícies opacas**. 2007. In: Anais... IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Ouro Preto.
- FERREIRA, Fabiana Lourenço; PRADO, Racine Tadeu Araújo. **Medição do albedo e análise de sua influencia na temperatura superficial dos materiais utilizados em coberturas de edificios no Brasil**.2003. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP.
- HERTZ, John B. **Ecotécnicas em Arquitetura: Como projetar nos Trópicos Úmidos do Brasil**. São Paulo: Pioneira, 1998.
- LAMBERTS, Roberto, et al. **Desempenho Térmico de Edificações**. (apostila), 2011. Disponível em [www.labeee.ufsc.br](http://www.labeee.ufsc.br)
- MEDEIROS, Otoniel Marcelino de. **Alternativas de ultimateção de resíduo plástico termo fixo**. 2005. Tese (Ciência e Engenharia de Materiais)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2005.
- PERALTA, Gizela. **Desempenho térmico de telhas: análise de monitoramento e normalização específica**. 2006. Dissertação (Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP pelo suporte experimental do estudo, através de instrumentos adquiridos no projeto Habitare (convênio n. 01.04.1086-00) e a CAPES pela bolsa de mestrado concedida.