



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

ANÁLISE DO DESEMPENHO TERMICO DE TELHAS PRODUZIDAS DE RESIDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Rafael M. Mendonça (1); Otássio G. Barca (2); Wagner A. Andreasi (3)

(1) Departamento de Estruturas e Construção Civil– Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
Brasil – e-mail: mm.rafael@hotmail.com

(2) Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Edificações – Universidade Federal de Mato Grosso
do Sul, Brasil – e-mail: otassio@gmail.com

(3) Departamento de Estruturas e Construção Civil– Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
Brasil – e-mail: andreasi@dec.ufms.br

RESUMO

O mercado da construção civil exige cada vez mais que seus profissionais encontrem equilíbrio entre a modificação ambiental, imposta ao crescimento urbano, e a manutenção dos recursos naturais cada vez mais escassos. Essa preocupação tem levado à utilização de materiais alternativos de construção como embalagens fabricadas de papelão, garrafas PET (Politereftalato de etileno), entulhos de construção e demolições, cacos de vidro, resíduo de tinta e outros. Ainda, a avaliação do desempenho do produto final tem se mostrado relevante, tanto que em 12 de maio de 2010 entrou em vigor a ABNT/NBR 15.575 que discrimina em 6 partes os requisitos técnicos mínimos para edifícios de até 5 pavimentos. Nesse sentido, cabe salientar a existência de outra norma, a ABNT/NBR 15.220 que trata do Desempenho Térmico de Edificações. Certo da importância desse tema, este trabalho avaliou o desempenho térmico de telhas fabricadas a partir do RCD (Resíduo de Construção e Demolição), de 3 diferentes cores (Preta, Bege e Cinza) expostas em ambiente de campo e sob intensa radiação solar direta, característica da região de Campo Grande/MS. As T_{si} (temperaturas superficiais internas) e T_{se} (temperaturas superficiais externas) das telhas foram monitoradas com o auxílio de termopares do tipo K e, ao mesmo tempo, foram coletados valores da T_{ae} (temperatura do ar externo), da radiação solar e da velocidade do vento em campo. Dentre as três telhas avaliadas, a de cor bege obteve melhor resultado, como era esperado. Entretanto, comparando seu desempenho com a telha cerâmica convencional, verificou-se que a de RCD tem um desempenho térmico inferior o que, resultou em uma temperatura superficial interna em média 1,9°C maior. Como projeto futuro, pretende-se a partir dos resultados alcançados desenvolver um protótipo de telha de RCD com composição diversa das anteriores, que tenha desempenho térmico no mínimo semelhante ao de uma telha cerâmica convencional.

Palavras-chave: Desempenho Térmico; Reciclagem de materiais de construção; Conforto Térmico.

1 INTRODUÇÃO

O futuro das atividades empenhadas pela engenharia, como também pela arquitetura, dependem do grau de importância dada ao tema conforto, principalmente conforto térmico, que segundo ASHRAE Standard 55:2005 é definido como estado mental que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. No entanto, na busca pelo conforto térmico, as pessoas normalmente passam a utilizar a ventilação mecânica e os aparelhos de ar condicionados que, comprovadamente, contribuem e elevam o consumo de energia, por serem na maioria das vezes, equipamentos ineficientes, de pouco proveito energético.

Dentre as diferentes conceituações existentes, Eficiência Energética em Edificações pode ser entendida como a utilização “... de princípios da engenharia e da arquitetura bioclimática, procurando conciliar a forma, a matéria e a energia” Mascaró (1985). Apesar de essa conceituação ser de conhecimento da maioria dos engenheiros civis e arquitetos, certo é que importante contingente deles ainda não satisfaz seus clientes com projetos energeticamente eficientes, o que pode ser alcançado com alguma facilidade seguindo o autor citado. Ainda prevalece a idéia de se levar em conta somente aspectos econômicos em curto prazo, contrariando os interesses de uma sociedade cada vez mais exigente. Basta constatar a implantação das normas técnicas ABNT/NBR 15.220 que trata do Desempenho Térmico de Edificações, antigo desejo desse mesma sociedade e da ABNT/NBR 15.575 que discrimina em 6 partes os requisitos técnicos mínimos para edifícios de até 5 pavimentos.

Al-Sanea (2001) já afirmava que materiais isolantes térmicos eram muito utilizados devido ao aumento da demanda de conforto térmico por parte das pessoas que ocupam as residências e as edificações comerciais e públicas, além do sempre crescente custo da energia daquela época. No mesmo sentido de Mascaró (1985), mais recentemente Kabre (2009) afirmam que o envelope da edificação é que controla o ganho térmico e, se faz necessário, o uso de sombreamento tanto em janelas como também em paredes para um menor ganho térmico. Dessa maneira as condições de conforto serão mais facilmente atendidas, e a energia consumida, para tornar o ambiente interno das edificações um ambiente em que se tenha satisfação térmica, será a mínima possível. Um pouco antes, Kumar (2004) em seus estudos sobre metodologia matemática para cálculo de resfriamento térmico e sombreamento solar provocado por coberturas verdes, esclarece que uma boa proteção térmica pode reduzir, significativamente, o elevado ganho de cargas térmicas que afetam o conforto de edificações principalmente durante o verão.

Sobre a cobertura Kabre (2009), Mascaró (1985) e Herrera (2008) entendem que por ser a área mais exposta à radiação solar, recebendo insolação, praticamente, todo o dia, e se localizada em região próxima dos trópicos têm ângulo de incidência quase normal à sua superfície, tratando-se dessa forma da parte da edificação que mais absorve energia, deve ter seu projeto adequado a essa consideração que é fundamental para racionalização do ganho de energia da edificação.

Apesar de esse fenômeno fazer parte de um conjunto de desempenhos necessários em projetos, já contemplados com normas específicas, é importante salientar que a temperatura interior da edificação, afeta além do conforto térmico dos indivíduos e por conta disso sua produtividade, também põe em risco sua saúde de forma geral. E é com a elaboração de um projeto adequado que leve em conta, por exemplo, o devido cuidado de sombreamento de aberturas e especificação de materiais adequados, que se pode obter menor consumo de energia e com isso aumento da produtividade dos usuários da edificação, como afirma Zhang et al. (2008).

Segundo Teixeira (2006) o aquecimento dos ambientes internos de uma edificação é resultante da ação de dois tipos de fontes: a artificial e a natural, sendo que a natural provem da radiação e da sua re-emissão, que é absorvida pelas superfícies do entorno e que é a maior responsável pelo aquecimento interno da edificação.

Nota-se que o tema “ganho de calor de edificações pela cobertura” é discutido há muito tempo e ainda merece preocupação de vários pesquisadores, como se vê no trabalho de Herrera (2008). Ele adotou o uso de caixas acartonadas recicladas para produção de telhas, obtendo resultados significativos e ainda reforça o uso de material reciclado.

Sobre essa utilização de material reciclado, Cunha (2007), estudou os resíduos da construção civil e aponta o setor como o maior consumidor de recursos naturais e também um grande gerador de resíduos sólidos urbanos. Segundo Torrecilha (2009) de todo o material com potencial de reciclagem

gerado no Brasil, de 50 a 70% são provenientes da construção civil e demolição.

Dessa forma, dada a importância do tema para a construção civil e, principalmente, a possibilidade de se avaliar o protótipo de componente construtivo produzido em Campo Grande, é que se pode desenvolver o presente trabalho.

2 OBJETIVO

Avaliar o desempenho térmico de 3 tipos de telhas produzidas em Campo Grande/MS com resíduos de construção e demolição (RCD), comparando o melhor resultados com o de uma telha cerâmica convencional.

3 METODOLOGIA

Dois experimentos foram desenvolvidos para a realização do presente trabalho. No primeiro foram avaliados 3 tipos de telhas produzidas com resíduo de construção e demolição (RCD) e no segundo, a de melhor desempenho térmico dentre as de RCD, e uma telha de cerâmica convencional.

3.1 Características dos materiais

As telhas de RCD são todas no formato de 42cm x 34,2cm x 2,6cm. Quanto a composição física das telhas de RCD, o empresário que as produz optou por não fornecer estes detalhes, indica somente, que a diferença de coloração se deve ao fato da utilização de pigmentos diferentes em cada uma das telhas.

As telhas cerâmicas são no formato de 40cm x 22,5cm x 0,8cm como matéria prima para a fabricação das telhas cerâmicas é utilizada argila proveniente da região de Três Lagoas – MS. A Figura 1 ilustra as telhas utilizadas nas avaliações.



(a)



(b)

Figura 1 – (a) Telhas de RCD nas cores cinza, preta e bege, respectivamente de baixo para cima.
(b) Telha cerâmica do tipo romana.

3.2 Experimentação

Em ambos os experimentos, para a medição das temperaturas superficiais (internas - T_{si} - e externas - T_{se}) foram utilizados termopares do Tipo K integrados a dataloggers modelo Spider 8/HBM, cujos valores monitorados foram submetidos ao Software Catman 4.5.

Os termopares soldados em sua extremidade desencapada foram fixados na superfície das telhas (Figura 2a) com cola epóxi misturada com pequena quantidade de pó da mesma composição da telha, sendo após completa secagem da cola, cobertos com pasta térmica para melhor transferência de energia. Finalmente o conjunto colado na telha recebeu a cobertura de pequena lâmina de EPS (Poliestireno expandido) com 2 mm de espessura, superposta com fita adesiva garantido-se que não houvesse interferência do ar externo em movimento, retirando-se energia por convecção no ponto monitorado.



Figura 2 – Colocação dos termopares nas superfícies interna e externa das telhas.

Para perfeita avaliação das temperaturas superficiais internas assentou-se cada uma das telhas em caixas de EPS de dimensões idênticas, com suas arestas superiores recortadas de forma conveniente para receber as referidas telhas com encaixe perfeito. Figura 3a e 3b.

Essa configuração permitiu que não houvesse ventilação no interior da caixa, ficando dessa forma, apenas sem controle, a situação climática do ambiente externo.



(a)



(b)

Figura 3 – (a) caixa de EPS recortada (b) telha de RCD sobre com caixa de EPS

Os valores da radiação solar foram coletados a cada 15 minutos através do equipamento MES-100 da Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda. A mesma taxa de aquisição foi coletada a temperatura ambiente externas (T_{ae}), porém com sensores HOBO do fabricante Onset Computer. A T_{si} e T_{se} foram coletadas por meio da utilização de termopares, como descrito anteriormente.

Os valores coletados foram comparados individualmente por tipo de coloração de telha de RCD, considerando-se o melhor desempenho térmico no período das 10h até as 14h do dia 23 de outubro de 2009, através da comparação dos valores máximos e mínimos verificados e, conseqüente amplitude térmica e atraso térmico, em relação as temperaturas superficiais internas.

Após esse primeiro experimento, outro foi realizado em 22 de janeiro de 2010, objetivando comparar a telha de RCD de melhor resultado com a telha de cerâmica convencional. Para esse experimento manteve-se o tamanho das caixas de EPS, bem como as características exatas de assentamento da telha cerâmica em sua borda. Figuras 4^a e 4b.

Ainda acrescentam-se que nos dois experimentos observou-se a inclinação relativa à latitude da cidade de Campo Grande, permitindo que as superfícies das telhas ficassem voltadas para o norte geográfico da região. Desta forma obteve-se a maior intensidade de radiação solar nos dois períodos de experimentos.



(a)



(b)

Figura 4 – (a) Experimento com as telhas de RCD. (b) Experimento de comparação da telha de RCD com a de cerâmica convencional.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Experimento 1 - Análise das telhas de RCD

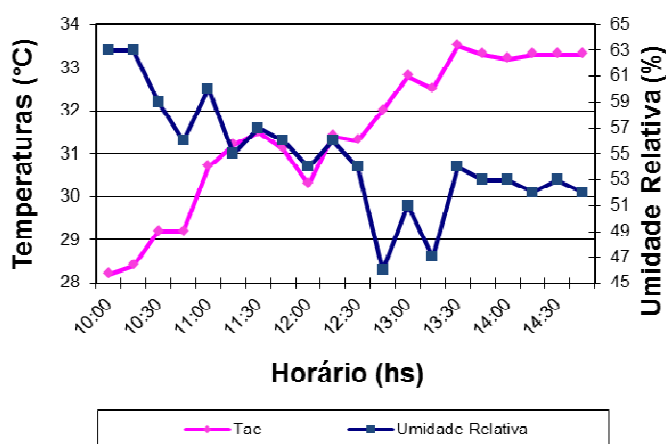


Figura 5 – Variação da temperatura e umidade do ar externo durante o 1º experimento.

Observa-se na Figura 5 a partir das 12h e 30min que houve decréscimo da temperatura do ar e conseqüente acréscimo da umidade relativa, o que foi comprovado pela Figura 6 que ilustra a imagem do satélite GOES-10 no dia 23 de outubro de 2009 às 13h. Há clara indicação de algumas nuvens na região central do Estado de Mato Grosso do Sul, onde exatamente está localizada cidade de Campo Grande.



Figura 6 – Imagem do Satélite GOES-10 às 13h local.

A Figura 7 ilustra os valores obtidos da T_{ae} (temperatura do ar externo), T_{se} (temperatura da superfície externa da telha), T_{si} (temperatura da superfície interna da telha) e da radiação solar no período de monitoramento, em que se observam: T_{se} máxima às 14h (61,9°C) e mínima às 10h (60,8°C); T_{si} máxima também às 14h (60,8°C) e mínima às 10h (41,6°C).

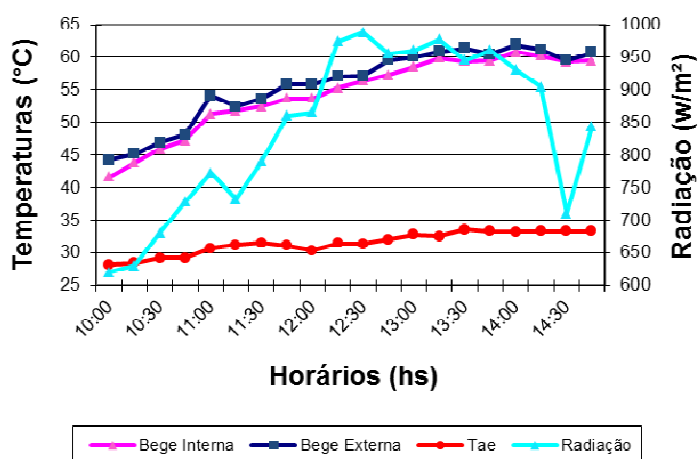


Figura 7- Dados coletados na telha de RCD na cor bege

Já a Figura 8 a seguir ilustra os dados referentes à telha de RCD cinza: T_{se} e T_{si} máxima às 14h, respectivamente, 64,7°C e 66,0°C e mínimos, às 10h, de 46,4°C e 44,1°C.

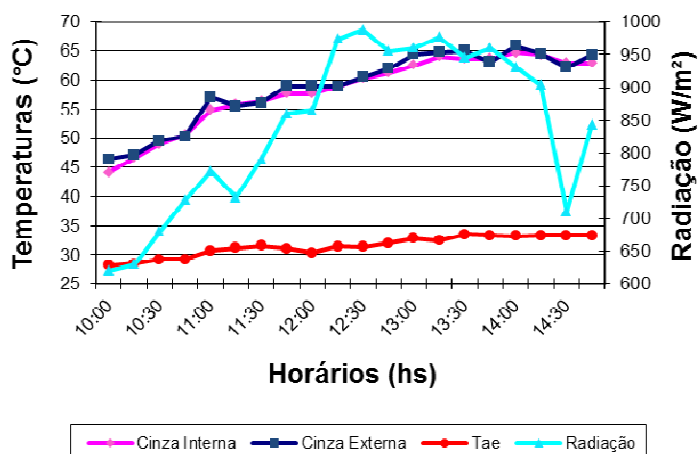


Figura 8 – Dados coletados na telha de RCD na cor cinza

Da mesma forma a Figura 9 ilustra os resultados da telha de cor preta: Tse e Tsi máximas às 14h, respectivamente, 70,5°C e 68,2°C e mínimos às 10h, 68,2°C e 45,7°C. As altas temperaturas atingidas nas superfícies internas e externas podem ser atribuídas a sua absorção muito alta.

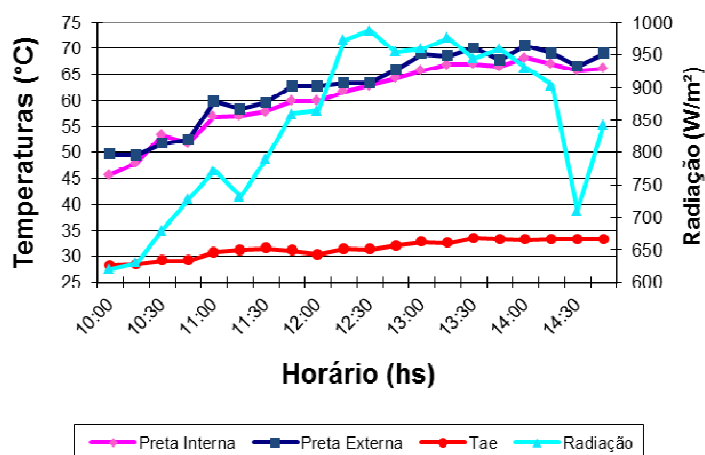


Figura 9 – Dados coletados na telha de RCD na cor Preta

A Tabela 1 apresenta os valores máximos, mínimos e médios das Tsi das três cores de telhas, bem como da Tae e suas respectivas amplitudes térmicas, onde se podem observar que os valores máximos na superfície interna ocorreram às 14h e os mínimos às 10h. Para a Tae, o valor máximo ocorreu às 13h e 30min e o mínimo às 14h.

Tabela 1 - Valores de Tsi e da Amplitude térmica das telhas

Tsi – Temperatura superficial interna; Tae – Temperatura do ar externo;

Valores	Tsi °C			Tae (°C)
	Bege	Cinza	Preta	
Máximos	60,8	64,7	68,2	33,5
Médios	54,4	58,1	60,7	31,5
Mínimos	41,6	44,1	45,7	28,2
Amplitude térmica	19,2	20,6	22,5	5,3

Tabela 2 - Valores e horários de ocorrência dos máximos internos das telhas.

Tsi – Temperatura superficial interna; Tae – Temperatura do ar externo;

Valores	Tsi °C			Tae (°C)
	Bege	Cinza	Preta	
Máximos	60,8	64,7	68,2	33,5
Horário	14:00	14:00	14:00	13:30

Como era de se esperar a telha de cor preta foi a que apresentou o pior resultado, por conta de suas temperaturas superficiais internas superiores ao das outras telhas. A de melhor resultado foi a de cor bege por apresentar a menor temperatura superficial interna, 60,8°C.

4.2 Experimento 2 - Comparação da telha de RCD de melhor desempenho, a de cor bege, com a telha de cerâmica convencional.

Este experimento foi realizado no dia 22 de Janeiro de 2010, das 10h até as 14h e assim como o anterior, as variáveis foram coletadas a cada 15 minutos. A Figura 10 ilustra o resultado da

monitoração da temperatura e umidade relativa do ambiente externo próximo das telhas.

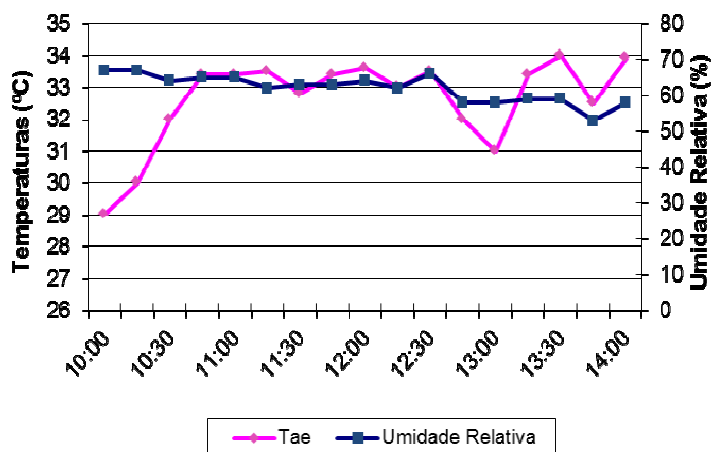


Figura 10 – Variação da temperatura e umidade relativa externa no segundo experimento.

Os valores verificados espelham a situação normalmente verificada na cidade de Campo Grande/MS.

A Figura 11 ilustra a imagem do satélite GOES-12 no dia 22 de Janeiro de 2010 às 14h, onde pode-se observar que a região central do Estado de Mato Grosso do Sul, com a presença de algumas nuvens, desta forma justifica-se os resultados verificados no monitoramento da radiação solar durante o experimento.



Figura 11 – Imagem do Satélite GOES-12 às 14hs do dia do segundo experimento.

O resultado do monitoramento da telha de RCD de cor bege está representado na Figura 12, onde se verifica que a Tse foi máxima às 13h e 30min. com o valor de 59,0 °C e mínima às 10h com valor de 32,6°C. Já a Tsi máxima ocorreu também às 13h e 30min. com valor igual a 59,9 °C e a Tsi mínima ocorreu às 10h com valor de 31°C.

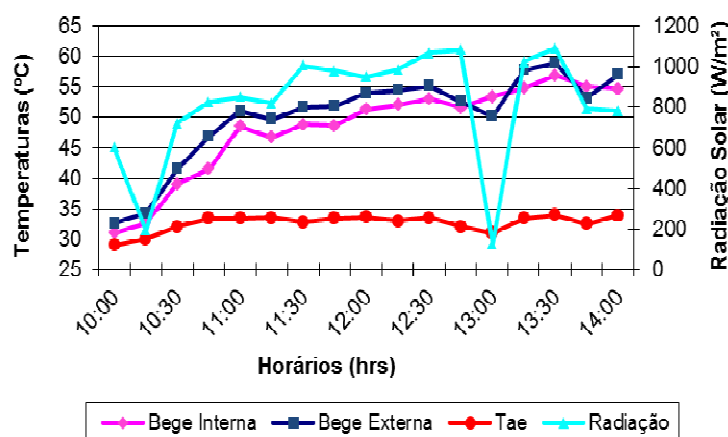


Figura 12- Dados coletados na telha de RCD na cor bege no dia 22/01/2010

Na Figura 13 estão representadas as variações da Tae, Tse e Tsi da telha de cerâmica convencional, e a radiação solar verificada no período. Os valores máximos da Tse (55,6°C) e Tsi (53,7°C) desse tipo de telha foram, assim como na telha bege, registrados às 13h e 30min. Os valores mínimos para Tse e Tsi além de idênticos, foram observados no início do experimento, tal como a telha de RCD de cor bege. Observa-se na figura que na maior parte do tempo o valor da Tse foi superior a da Tsi.

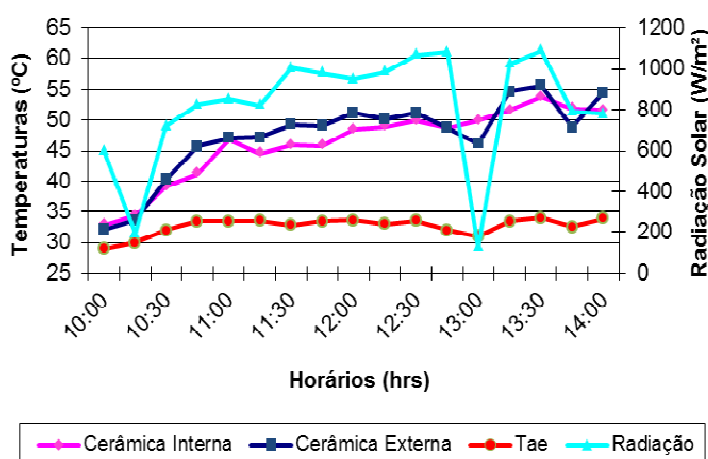


Figura 13 – Dados coletados na telha cerâmica do tipo romana

A Tabela 3 ilustra os valores referentes à Tsi da telha de RCD de cor bege e da de cerâmica convencional, da Tae bem como as amplitudes térmicas resultantes. Os dois tipos de telhas apresentaram valores máximos internos às 13h e 30min e mínimos às 10h.

Tabela 3 - Valores de Tsi e da Amplitude térmica das telhas

Tsi – Temperatura superficial interna; Tae – Temperatura do ar externo;

Valores	Tsi °C		Tae (°C)
	Bege	Cerâmica	
Máximos	56,9	53,7	34,0
Médios	48,2	46,2	32,6
Mínimos	31,0	32,8	29,0
Amplitude térmica	26,0	20,9	5,0

Os resultados verificados indicam que as telhas de RCD de cor bege tem pior desempenho em relação a de cerâmica convencional, basta verificar-se as temperaturas superficiais externas e internas observadas: telha de RCD de cor bege: $T_{se} = 50,1^{\circ}\text{C}$ e $T_{si} = 48,2^{\circ}\text{C}$, telha cerâmica convencional: $T_{se} = 47,4$ e $T_{si} = 46,2^{\circ}\text{C}$.

5 CONCLUSÃO

Os resultados verificados nos dois experimentos indicam que dentre as telhas fabricadas com RCD (Resíduo de Construção e Demolição) a de melhor desempenho é de cor bege, comparada com as de cor preta e cinza. Já a comparação da telha de RCD de cor bege com a de cerâmica convencional demonstrou que a telha convencional é a que tem melhor desempenho, visto que sua T_{si} máxima foi $1,9^{\circ}\text{C}$ menor. É de extrema importância observar que tais temperaturas foram obtidas em um experimento com células teste de escalas reduzidas. E, certamente, haverá diferença entre a escala real e os valores aqui obtidos.

6 REFERÊNCIAS

ABNT/NBR 15.220:2005. Desempenho Térmico de Edificações.

ABNT/NBR 15.575:2008. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho.

AL-SANEA, S.A. Thermal performance of buildings roof elements. Building and Environment, v.37, n. 7, p. 665-675. Julho de 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em 4 de Abril de 2010.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, ASHRAE Standart55: Thermal Environmental Conditions for Humans Occupancy, Atlanta, 2004.

CUNHA, N. A. Resíduos da Construção Civil – Análise de Usinas de Reciclagem. 176 f. Dissertação (Mestrado) – Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2007.

HERRERA, J.A.Q. Aplicação da climatologia dinâmica ao estudo do comportamento térmico das edificações, caso específico: telhas produzidas a partir da reciclagem de caixas acartonadas. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências de Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, SP, 2008.

KABRE, C. A new thermal performance index for dwelling roofs in the warm humid tropics. Building and Environment, v.45, n. 3, p. 727-738. Março de 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em 4 de Abril de 2010.

KUMAR, R.; KAUSHIK, S.C. Performance evaluation of green roof and shading for thermal protection of buildings. Building and Environment, v.40, n. 11, p. 505-511, Novembro de 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 2 de março de 2010.

MASCARÒ, L.R. de. Energia na Edificação, 80f. Editora Projeto, Porto Alegre, RS, 1986

TEIXEIRA, C.F.B. Comportamento Térmico de Coberturas de Fibrocimento em Campinas, SP: Aplicação de Técnicas Passivas. 133 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação com concentração na área de Edificações, Campinas, SP, 2006.

TORRECILHA, J. Projeto da SEMADUR prevê áreas adequadas para recolhimento de entulhos. Disponível em: <www.pmcg.ms.gov.br/index.php?s=88&location=2&jdNot=12835> Acesso em: Out/2009.

ZHANG, Huy;ARENS, Edward; KIM, DongEun; BUCHBERGUER, Elena; BAUMAN, Fred; HUIZENGA, Charlie. Comfort, perceived air quality, and work performance in a low-power task-ambient conditioning system. Building and Environment, v .45, n. 1, p. 29-39.Janeiro de 2010. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 8 de março de 2010.