



**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

## **DESEMPENHO TÉRMICO DE TINTAS FRIAS EM COMPONENTES DE COBERTURA**

**Neide M. N, Sato(1); Kai Loh(2); Isabela MS Liborio(3)**

(1) Dra pela Universidade de São Paulo, neidesato@gmail.com

(2) Dra, Pesquisadora do Departamento de Engenharia de Construção Civil, kai.loh@poli.usp.br

(3) Aluna de IC, graduanda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Nove de Julho, liborio.isabela@gmail.com

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Laboratório de Microestruturas.

Av. Prof. Almeida Prado, trav. 2, nº 83 – Cidade Universitária - São Paulo - SP, Tel.: (11) 30915382

### **RESUMO**

Este artigo tem por objetivo analisar o desempenho térmico de tintas “frias”, à base de resina estireno acrílica e pigmentos “frios”, nas cores branca, cinza, amarela e marrom, produzidas em laboratório, comparando-as com tintas convencionais de cores equivalentes, adquiridas no mercado. Os dois grupos de tinta foram aplicados sobre corpos-de-prova extraídos de telhas de fibrocimento e foram medidas a cor, a refletância e a emissividade. No Brasil, a utilização de coberturas de fibrocimento é muito comum devido ao seu baixo custo sendo portanto bastante acessível à população de baixa renda. Além do fato de ser muito utilizado, este componente foi também escolhido como substrato para as tintas porque alguns sistemas de cobertura com telhas de fibrocimento, sem aplicação de pintura, não atendem aos requisitos térmicos mínimos de algumas zonas climáticas especificados em Norma brasileira. Os resultados mostraram que a incorporação de pigmentos “frios” em formulações convencionais de tintas aumenta a refletância à radiação solar das pinturas e contribui para que sistemas de coberturas com telhas de fibrocimento analisados atendam aos requisitos de desempenho térmico especificados em norma brasileira.

Palavras-chave: tintas frias, refletância, emissividade, desempenho térmico, SRI

### **ABSTRACT**

This paper discusses the thermal performance of "cool" paints, produced in the laboratory, formulated with styrene acrylic resin incorporating "cool" pigments, in white, gray, yellow and brown colors. This group of paint was compared to conventional paints with equivalent colors, bought in the market. The two groups of paints were applied on specimens obtained from fiber cement tiles. It was measured the color, reflectance and emissivity of the coatings. In Brazil, the use of fiber cement sheets is of high relevance because they are commonly used in low-income houses. Apart from being widely used, the fiber cement tile was chosen as substrate for the paints, because some unpainted roofing systems do not meet the minimum thermal requirement of Brazilian Standards. The study showed that the incorporation of cool pigments into paint formulations increases the solar reflectance of paints and contributes to meet the thermal requirements established in Brazilian Standards for the studied roofing systems.

Keywords: cool paints, reflectivity, emissivity, thermal performance, SRI.

## 1. INTRODUÇÃO

O território brasileiro está situado entre os trópicos, com um clima quente e úmido. A norma brasileira NBR 15220-3/ 2005 divide o território brasileiro em oito zonas climáticas e apresenta diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social para auxiliar os arquitetos e engenheiros na seleção de materiais e sistemas construtivos adequados para cada zona.

Os requisitos de desempenho térmico de edificações apresentados na norma NBR 15575 (ABNT, NBR 15575 de 2010) estão estabelecidos para as zonas bioclimáticas definidas na norma anterior (ABNT, NBR 15220-3 2005). De acordo com esta divisão bioclimática há uma grande parte do país, com verões quentes e radiação solar alta atingindo as superfícies expostas.

Nessas áreas, a importância dos materiais e das propriedades relacionadas com a absorção /reflexão da energia solar foram consideradas na especificação dos valores limites de transmitância térmica que podem proporcionar condições de conforto térmico no interior das edificações e eficiência energética de equipamentos de ar condicionado.

Além de fornecer proteção e decoração das superfícies, as pinturas podem adicionar novas funções, como reflexão da radiação infravermelha. Existem algumas tecnologias que permitem a modificação das características do material de superfície alterando o seu comportamento. A utilização de micro pigmentos frios (IR) em formulações de tintas para revestimentos de fachadas e coberturas é um exemplo dessas novas tecnologias. A utilização de tintas coloridas com alta refletância solar na região do infravermelho próximo é uma técnica eficaz, de baixo custo e fácil de usar, além de permitir uma variedade maior de cores atendendo às exigências estéticas (Santamouris et al 2007).

Este artigo apresenta os resultados de um projeto de formulação de tintas frias coloridas, realizado na Universidade de São Paulo, que tem a finalidade de melhorar as propriedades térmicas dos elementos de construção civil. No Brasil, os componentes de cobertura à base de fibrocimento são comumente usados em construções de habitação de baixo custo e construções rurais para animais (Tonoli et al 2011), por causa de sua baixa relação custo-benefício.

Considerando a importância das telhas de fibrocimento na construção de baixo custo, no Brasil, este componente foi selecionado para o estudo.

### 1.1 Exigências térmicas para coberturas no Brasil

O Território brasileiro foi dividido em oito zonas bioclimáticas para estabelecer diretrizes de construção para casas de baixo custo (NBR 15220-3, 1995), como mostrado na Figura 1.

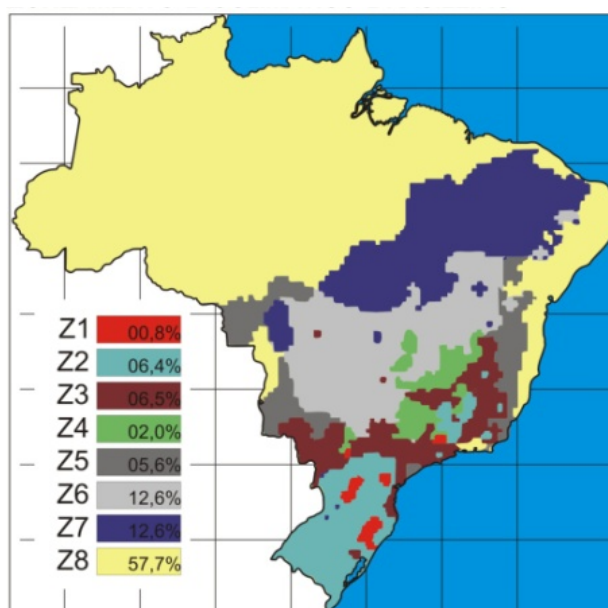


Figura1 - Zoneamento bioclimático brasileiro (NBR 15220-3/2005)

A Zona 1 localizada no sul do Brasil, tem invernos rigorosos e requer aquecimento nessa época. Para esta zona o objetivo principal é atender as exigências de inverno. Nas zonas 2, 3, 4, 5 e 6, com verões quentes e invernos frios, (Ex: São Paulo) os edifícios devem ser projetados para atender as demandas de ambas as estações. Zonas 7 e 8 no Nordeste e Norte do país são regiões com um clima quente durante todo o ano. Nestas zonas os edifícios devem ser projetados para atender as exigências de verão.

Em áreas com verões quentes, a absorção de radiação/reflexão solar contribui de forma significativa para o aquecimento dos elementos de vedação exteriores, especialmente telhados. Nestas zonas, o mesmo sistema de cobertura vai proporcionar conforto térmico no interior do edifício, em função da sua refletância/absortância. Levando em conta este fato, a NBR 15575 especifica para as zonas 3 a 8 os valores máximos de transmitância térmica (U) de coberturas de acordo com a absortância ( $\alpha$ ) dessas superfícies. Estes requisitos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Especificações térmicas para coberturas no Brasil NBR 15575

Zona Bioclimática	Transmitância Térmica U (W/(m <sup>2</sup> K))
1 e 2	$U \leq 2.30$
3, 4, 5, 6	$U \leq 2.30$ se $\alpha \leq 0.6$
	$U \leq 1.5$ se $\alpha > 0.6$
7	$U \leq 2.30$ se $\alpha \leq 0.4$
	$U \leq 1.5$ se $\alpha > 0.4$
8 <sup>(1)</sup>	$U \leq 2.30$ FV se $\alpha \leq 0.4$
	$U \leq 1.5$ FV se $\alpha > 0.4$

<sup>(1)</sup>  $FV = 1.17 - 1.07 \cdot h^{-1.04}$

FV é um fator adimensional a ser aplicado de acordo com a altura h (cm) das aberturas para ventilação em dois lados opostos do ático.

Para áticos não ventilados ou coberturas sem forro FV=1.

## 1.2 Pigmentos refletivos brancos e coloridos

Os pigmentos não só proporcionam cor, mas também absorvem e refletem os diferentes comprimentos de onda do espectro solar conforme às suas composições químicas e mineralógicas (Tiarks et al 2003). Existem várias classes de pigmentos: os orgânicos com menor resistência à luz e opacidade, e os inorgânicos, que em comparação com os orgânicos geralmente são menos suscetíveis à degradação fotoquímica causada pela luz ultravioleta presente na radiação solar. Além disso apresentam maior estabilidade a temperaturas elevadas e são quimicamente menos suscetíveis a ácidos e a alcalinidade. Os pigmentos mais comuns nesta classe são os óxidos de ferro, de diferentes cores e tonalidades conforme o grau de oxidação. Entre os pigmentos inorgânicos ainda existem os pigmentos conhecidos como CICPs que são os óxidos de metal misto (MMO) (Levinson, Berdahl, Akbari 2005); (Ryan, 2005); (Frischmann, 2008), que possuem elevada opacidade no visível e elevada refletância na região infravermelha (NIR) do espectro solar (Ryan 2005). As tintas “frias” do estudo foram produzidas com pigmentos "frios" que são materiais que apresentam menor absortância da radiação no infravermelho, portanto, maior refletância solar. As superfícies escuras tendem a apresentar maior absorção da radiação solar na região do infravermelho, mas os revestimentos formulados com incorporação desta classe de pigmento podem apresentar maior refletância do que aqueles formulados com pigmentos inorgânicos convencionais de cores similares, que tendem a apresentar menor refletância solar.

## 2. OBJETIVO

Verificar a influência das tintas no desempenho térmico dos componentes de coberturas, no caso, telhas de fibrocimento, utilizando dois grupos de tintas à base de resina estireno acrílica, sendo um grupo com adição de pigmentos “frios” e outro grupo com tintas adquiridas no

mercado. Os dois grupos de tinta apresentavam cores branca, cinza, amarela e marrom, equivalentes.

### 3. MÉTODO

O estudo foi realizado com dois grupos de tintas látex com cores equivalentes sendo um produzido com adição de pigmentos "frios" em formulação comum de tintas convencionais do mercado, para aplicação em ambientes externas. Este grupo foi produzido em laboratório na Universidade de São Paulo- Escola Politécnica/ Depto de Engenharia de Construção Civil, com o apoio técnico de um especialista em formulação de tintas. O outro grupo foi adquirido no mercado na cidade de São Paulo, para fins comparativos.

Ambos os grupos de tinta são à base de resina estireno acrílica, com dois acabamentos, o "acetinado" e o "fosco", nas cores: amarelo, marrom e cinza claro. As amostras de tinta na cor branca foram usadas como referência por serem de cor clara, portanto de elevada refletância. A amostra de tinta branca preparada em laboratório foi formulada com elevado teor de  $TiO_2$ .

Foram estudadas as seguintes amostras:

- 6 amostras de tintas "frias" com incorporação de pigmentos frios, nas cores: amarelo, marrom e cinza claro, e acabamentos acetinado e fosco;
- 2 amostras de tintas brancas, nos acabamentos acetinado e fosco;
- 8 amostras de tintas adquiridas no mercado, nas cores: branco, cinza, amarelo e marrom e acabamentos acetinado e fosco.

As amostras de tintas foram aplicadas sobre corpos-de-prova de fibrocimento de dimensões de 4x11cm. A figura 2 ilustra corpos-de-prova de fibrocimento pintados com as tintas convencionais do mercado e as tintas frias produzidas em laboratório, nas cores: marrom, amarelo, cinza, e branco, com acabamento fosco.

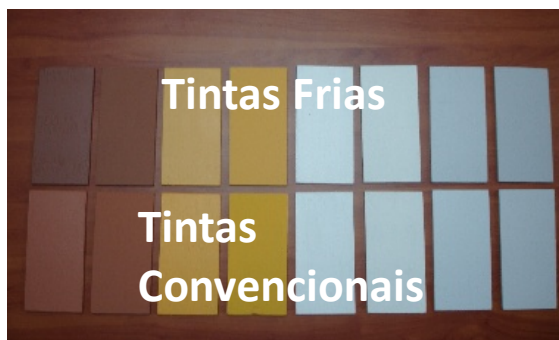


Figura 2 – Foto ilustrando amostras de tintas estudadas

As medições foram feitas nas amostras pintadas e sem pintura, usada como referência. Foram medidas as seguintes propriedades:

• **Cor, medida conforme ASTM D 2244-89**, usando um espectrofotômetro marca Byk Gardner, com geometria 45/0. Neste método o equipamento usado para a medida de cor detecta três funções de onda que representam a sensibilidade do olho humano para as cores vermelho, verde e azul, que são as cores primárias. Utiliza-se uma fonte de luz padronizada e o sistema de cores desenvolvido pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), CIE  $L^*$   $a^*$   $b^*$  para quantificar as cores, com base em três coordenadas retangulares. A coordenada  $L^*$  representa a escala de (0) a (100), respectivamente do branco ao preto. A coordenada  $a^*$  representa uma escala de vermelho a verde, com valores positivos (+) para cores avermelhadas e negativo (-) para cores esverdeadas e a coordenada  $b^*$  representa uma escala de amarelo a azul, com valores positivos (+) para cores amareladas e negativos (-) para cores azuladas.

• **Refletância medida conforme ASTM C1549-09**: Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature, usando um refletômetro solar portátil SSR-ER. Ao invés de utilizar como fonte de radiação lâmpadas que emitem radiação eletromagnética em comprimentos de onda que simulam a radiação solar (ASTM E 903), neste método o equipamento possui uma fonte de radiação difusa que consiste numa lâmpada de

tungstênio- halogenio comum e quatro detectores posicionados em um ângulo de 20o em relação à direção da radiação incidente. Cada detector é dotado de filtros que permitem que sejam captadas radiações refletidas nos comprimentos de onda de 380 nm, 500 nm, 650 nm e 1220 nm. São apresentados resultados de refletância solar global e também nos quatro comprimentos de onda corrigidos de acordo com as proporções de energia em cada comprimento de onda de quatro diferentes espectros padrão de radiação solar que podem ser selecionados pelo usuário.

• **Emissividade medida conforme ASTM C1371-04<sup>a</sup> (2010)e1:** Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials Near Room Temperature, usando um emissômetro portátil diferencial com termopilha. Este método fornece um meio de quantificar de modo comparativo a emitância de materiais opacos, altamente condutivos à temperaturas próximas à do ambiente.

#### 4. RESULTADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

Na tabela 2 estão apresentados os resultados das medições de L, a e b de cada amostra. As diferenças entre as cores das tintas frias e das tintas de mercado ( $\Delta E$ ) foram determinadas subtraindo-se as os valores das coordenadas correspondentes das duas tintas  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ , and  $\Delta b$  e calculando  $\Delta E$  pela equação:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Tabela 2. Resultados da medida de cor conforme ASTM D 2244.

Cor	Amostras	Acetinada				Fosca			
		L	a	b	( $\Delta E$ )	L	a	b	( $\Delta E$ )
Amarela	Laboratório	71,7	17,0	53,5	2,4	73,3	16,2	52,8	3,8
	Mercado	71,5	18,0	51,3		71,1	18,6	50,8	
Cinza	Laboratório	82,7	-0,3	-0,7	1,2	80,8	0,4	-0,5	2,4
	Mercado	82,8	0,6	-1,5		82,1	-0,1	-2,5	
Marrom	Laboratório	47,8	18,3	15,8	2,9	49,9	18,6	17,6	4,7
	Mercado	45,9	17,8	17,9		45,6	16,8	16,7	
Branca	Laboratório	95,4	-1,5	2,8	1,1	95,1	-1,3	3,1	0,6
	Mercado	95,0	-1,6	1,8		94,7	-1,0	2,8	

Os valores apresentados na tabela 2 demonstram que os dois grupos de tinta, formuladas em laboratório e adquiridas no mercado, apresentam cores equivalentes e tonalidade bastante similares.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores de emissividade e refletância solar.

Tabela 3 - Emissividade e refletância das pinturas

Cor	Emissividade				Refletância solar			
	Laboratório		Mercado		Laboratório		Mercado	
	Acetina- da	Fosca	Acetina- da	Fosca	Acetina- da	Fosca	Acetina- da	Fosca
Amarela	0,87	0,89	0,91	0,90	0,60	0,62	0,50	0,52
Cinza	0,88	0,89	0,89	0,91	0,70	0,70	0,56	0,57
Marrom	0,88	0,88	0,90	0,93	0,40	0,41	0,20	0,18
Branca	0,88	0,88	0,86	0,88	0,82	0,83	0,78	0,83

Os resultados da Tabela 3 mostram que os valores de emissividade dos revestimentos não apresentaram diferenças significativas entre os grupos e cores, pois as principais matérias-primas utilizadas na produção destas tintas são de mesma natureza, isto é de resinas orgânicas, pigmentos e cargas inorgânicas.

A refletância solar das amostras preparadas em laboratório foram superiores às amostras de mercado, confirmando os dados da literatura de que a incorporação dos pigmentos “frios” na formulação das tintas podem melhorar estes valores. As cores brancas e as coloridas claras sempre apresentam maior refletância do que as cores escuras.

O índice de refletância solar foi calculado de acordo com a norma ASTM E1980-11 a partir dos valores de emissividade e de refletância solar. Os resultados, considerando o coeficiente de convecção, de  $12 \text{ Wm}^{-2}.\text{K}^{-1}$  que corresponde a velocidade média do ar (2 a 6 m/s), são apresentados na tabela 4.

Tabela 4: Índice de refletância solar

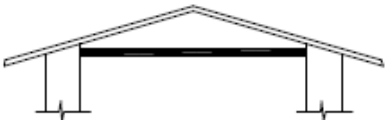

Cor	Índice de refletância solar (SRI)			
	Laboratório		Mercado	
	Acetinada	Fosca	Acetinada	Fosca
Amarelo	71	75	59	61
Cinza	85	86	66	68
Marrom	44	46	19	18
Branco	103	104	96	104

Os cálculos de SRI baseado em ASTM E 1980-11 são feitos tendo como referência uma superfície branca (SRI = 100) com refletância solar de 0,80 e emissividade térmica de 0,90 e uma superfície preta (SRI = 0) com a refletância solar de 0,05 e emissividade térmica 0.9. Os valores de SRI superiores a 100 obtidos no estudo se devem ao fato das amostras de tinta branca de laboratório apresentarem valores de refletância solar maiores do que a superfície de referência branca.



Os índices de refletância solar das amostras de laboratório são mais elevados do que das amostras de mercado, e essa diferença é maior entre as cores mais escuras. O SRI da pintura “fria”, de cor marrom produzida em laboratório é 2,3 vezes maior do que o SRI da amostra de pintura de cor correspondente convencional de mercado.3.1 Aplicação de pinturas em coberturas de fibrocimento

Algumas coberturas com telhas de fibrocimento utilizadas no Brasil com as suas respectivas transmitâncias térmicas estão apresentadas na tabela 5:

Tabela 5. Transmitância térmica de algumas coberturas de fibrocimento (NBR 15220-3)

Cobertura	Descrição	U (W/(m <sup>2</sup> K))
	1. Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira. Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0cm	2,25
	2. Cobertura de telha de fibrocimento com forro de laje mista. Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm	1,93

Continua

Cobertura	Descrição	U (W/(m <sup>2</sup> K))
	3. Cobertura de telha de fibrocimento com laje de concreto de 20 cm. Espessura da telha: 0,7cm	1,99
	4. Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista. Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm	1,09

Fonte: NBR 15220-3 (tabela D.4 – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas).

Estas coberturas atendem aos requisitos especificados para as zonas 1 e 2 na norma NBR 15575 (tabela 1) para as quais a transmitância térmica recomendada é  $U \leq 2,30 \text{ W / (m}^2\text{K)}$ . Para satisfazer os requisitos estabelecidos nas zonas 3 a 8 também devem ser consideradas as absorptâncias solares destas coberturas.

As amostras de fibrocimento sem pintura têm valor de absorptância solar  $\alpha > 0,6$  e este valor tende a aumentar quando as coberturas são expostas em áreas tropicais e subtropicais, devido à colonização microbiana agravada pela deposição de materiais particulados em suspensão no ar em zonas de elevado nível de poluição atmosférica, tais como grandes centros urbanos. Os três primeiros sistemas de coberturas sem pintura apresentados na Tabela 5 não atendem aos requisitos mínimos estabelecidos para as zonas climáticas 3 a 8 (Tabela 1), mesmo com grandes aberturas para ventilação do ático. Já a última cobertura da tabela 5 é recomendada para todas as zonas climáticas, mesmo sem pintura. A Tabela 6 mostra quais os sistemas de revestimentos estudados podem ser aplicados nas coberturas de 1 a 3 da tabela 5, a fim de alcançar os requisitos para as zonas bioclimáticas 3 a 8.

Tabela 6. Aplicação de tintas nos sistemas de cobertura

Coberturas	Adequação para as zonas	Tintas para adequação das coberturas	
		Laboratório	Mercado
1 a 3	3 a 6	Amarelo Cinza Marrom Branco	Amarelo Cinza Branco
	7 e 8(*)	Amarelo Cinza Branco	Branco

(\*) Para a zona 8, as análises são válidas tanto para as coberturas não ventiladas como para as bastante ventiladas. Com altura das aberturas para ventilação por exemplo de 60 cm,  $FV = 1,15$  e  $U \leq 1,73 \text{ W / (m}^2\text{.K)}$  se  $\alpha > 0,4$ .

Pintar o telhado de branco é uma das melhores maneiras de diminuir a absorção da radiação solar. Todos os telhados analisados pintados com essa cor são qualificados para serem utilizados em todas as zonas bioclimáticas com condições de verão quente, tais como as zonas 3 a 8 no Brasil.

A tabela 6 mostra que todos os revestimentos “frios” fabricados em laboratório, apresentados no estudo, são adequados para serem aplicados nas coberturas 1 a 3 para que estas atendam às recomendações das zonas climáticas 3 a 6 e dos revestimentos adquiridos do mercado, o marrom não é adequado ( $\alpha = 0,80$ ) para este intuito. Para zonas bioclimáticas 7 e 8 com a radiação solar intensa, apenas o revestimento branco do mercado é adequado, enquanto que os revestimentos de laboratório amarelo e cinza “frios” também podem ser recomendados.

Estas análises foram efetuadas pelo método prescritivo de avaliação de desempenho das coberturas proposto na NBR 15575. Deve-se ressaltar que, de acordo com esta norma, as

mesmas coberturas podem ser avaliadas por simulação do desempenho térmico do edifício como um todo e uma cobertura que não tenha atendido aos requisitos da norma pelo método prescritivo pode atender pelo método da simulação.

## 5. CONCLUSÕES

O estudo mostrou que as tintas frias produzidas em laboratório apresentam maiores valores de refletância e SRI mais elevado do que as tintas comerciais correspondentes com cores semelhantes, sendo a diferença mais pronunciada para cores mais escuras.

A aplicação dos revestimentos estudados melhora o desempenho térmico de sistemas de coberturas típicos para atingir os requisitos para as zonas bioclimáticas 3 a 8. O revestimento de cor marrom é semelhante à cor de telhas de cerâmica, que são normalmente utilizadas em coberturas brasileiras e, por essa razão, a tinta fria cor marrom é uma escolha de cor culturalmente aceitável.

A utilização de partículas funcionais, tais como pigmentos refletivos em tintas tem o potencial para melhorar as condições de conforto térmico no interior das habitações de baixo custo, bem como melhorar a durabilidade da telha em que foi aplicada.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por apoiar e financiar este projeto e ao químico Ronald Porsella Flores pelo suporte técnico na formulação e produção das amostras de tinta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, NBR 15220-3 – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, 2005, 23 pp.
- ABNT, NBR 15575-5. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas.
- Frischmann, L. Thermo control--how to turn black into cool: smart complex inorganic colored pigments. *Paint & Coatings Industry*, February 1, 2008;
- Levinson, Ronnen; Berdahl, Paul; Akbari, Hashem. Solar spectral optical properties of pigments – Part II: survey of common colorants. *Solar Energy Materials & Solar Cells*. 89. 351-389, 2005.
- Loh, K.; Cardoso, E.; Sato, N. M. N.; Shirakawa, M. A. and John, V. M. Paint Outdoor Ageing of Brazilian Paints - Part two. 12th International Conference on Durability of Building Materials and Components. DBMC. 12th-15th April 2011 Porto, Portugal.
- Loh, K.; Sato, N. M.; Prado, R. T. and John, V. M. Strategies to Improve the thermal performance of roofs by cement based functional ingredients. *World Sustainable Building Conference*. 18 - 21 October, 2011 Helsinki, Finland
- Maranhão, F. Methods for reducing spot seals outside of buildings. Doctoral Dissertation at the Polytechnic School of Sao Paulo - Department of Civil Engineering. São Paulo, 2009.
- Ryan, M, Introduction to IR- Reflective Pigments. Shepherd Color Company. (2005). Available in <http://www.shepherdcolor.com>. Accessed 16 January 2008.
- Ryan, M. Introduction to IR-Reflective Pigments. Ohio, United States, 2005. Available at <<http://www.pcimag.com/copyright/cf5b599d3f6a7010VgnVCM100000f932a8c0>> access 01/26/2009.
- Santamouris, M.; Pavlou, C; Synnefa, A. and Niachou, K. Recent progress on passive cooling techniques: Advanced technological developments to improve survivability levels in low-income households. *Energy and Buildings*. Vol 39, July 2007, pp 859-866.
- Shirakawa, M. A. Tavares, R. G.; Gaylarde, C. C.; Taqueda, M. E. S.; Loh, K. and John, V. M.. Climate as the most important factor determining biocide anti-fungal paint films performance. *Science of the Total Environment* 408 pg. 5878-5886, 2010.



- Synnefa A.; Santamouris M. and Apostolakis K. On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for urban environment. *Solar Energy*. Vol. 81, pp 488-497.
- Tiarks, F.; Frechen, T.; Kirsch, S.; Leuninger, J.; Melan, M.; Pfau, A.; Richter, F.; Schuler, B. and Zhao, C. L. Formulation effects on the distribution of pigment particles in paints. *Progress in Organic Coatings* 48, 2003, 140-152.
- Tonoli, G. H. D.; Santos, S. F.; Rabi, J. A.; Santos, W. N. and Savastano Junior, H.. Thermal performance of sisal fiber-cement roofing tiles for rural constructions. *2 Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, v.68, n.1, p.1-7, January/February 2011.
- Triana A and Lamberts, R. Projeto e conforto. In: John, V. M., Prado, R. T. A. (org). *Boas Práticas para habitação mais sustentável*. São Paulo: Páginas & Letras, 2010., p. 57-103.