

# Pintura à base de cal como alternativa de revestimento frio

*Lime painting as an alternative of cool coating*

Ana Paula Werle  
Kai Loh  
Vanderley Moacyr John

## Resumo

**O**s centros urbanos vêm sofrendo alterações climáticas oriundas do fenômeno das ilhas de calor. Como consequência, há o aumento na demanda de energia para condicionamento térmico, além de causar desconforto em habitações que não fazem uso de ar-condicionado.

Revestimento frio é uma alternativa que pode minimizar os efeitos da ilha de calor, pois possui capacidade de refletir a luz solar incidente, bem como reemitir parte do calor absorvido pela superfície para o ambiente. Tradicionalmente, superfícies brancas são responsáveis por alto poder de reflexão. Partindo desse conceito, o presente trabalho mediu as propriedades de refletância e emissividade térmica de superfícies pintadas com tinta à base de cal, em diferentes números de demãos, sobre substratos distintos. Além dessas propriedades, foi feita uma análise da capacidade de cobertura das amostras nas condições úmida e seca. Os resultados de refletância variaram de 0,56 a 0,83, dependendo do número de demãos e do tipo de substrato. A emissividade térmica manteve-se com índice de, em média, 0,97, independentemente do tipo de substrato e demãos de pintura. Por fim, percebeu-se um contraste expressivo entre as superfícies sob as condições úmida e seca. Os resultados demonstram que a pintura de cal atende aos requisitos de refletância e emissividade térmica para um revestimento frio.

**Palavras-chave:** Cal. Pintura. Refletância. Revestimento frio.

## Abstract

*Urban areas have been suffering with climate change phenomena of urban heat islands. As a consequence, there is an increase in energy peak demand for thermal conditioning, besides high temperature cause discomfort in houses that cannot afford for air conditioning. Cool coatings are an alternative that could help to minimize the effects of urban heat islands. Those coatings have the ability to reflect incident sunlight as well reemit absorbed heat back to the environment.*

*Traditionally, white surfaces are responsible for high reflecting power. Based on this concept, this study measured the reflectance properties and thermal emissivity on different types of substrate painted with lime coating, using different numbers of coats. Besides these properties, an analysis of the coverage capacity of the samples in wet and dry conditions was made. The results of reflectance ranged from 0.56 to 0.83 depending on the number of coats and type of substrate. The thermal emissivity remained with almost the same index, on average, 0.97, regardless of the type of substrate and coats of paint. Finally, it was noticed a significant contrast between the surfaces under wet and dry conditions. The results demonstrate that the lime coating meets the requirements of reflectance and thermal emissivity for a cool coating.*

**Keywords:** Lime. Coating. Reflectance. Cool coating.

Ana Paula Werle  
Universidade de São Paulo  
São Paulo - SP - Brasil

Kai Loh  
Universidade de São Paulo  
São Paulo - SP - Brasil

Vanderley Moacyr John  
Universidade de São Paulo  
São Paulo - SP - Brasil

Recebido em 24/07/13  
Aceito em 19/06/14

## Introdução

Ilhas de calor urbanas podem ser responsáveis por aumentos de até 10 °C em áreas densamente urbanizadas (SANTAMOURIS *et al.*, 2001). As edificações contribuem para esse fenômeno: coberturas podem absorver de 50% (LAMBERTS; WESTPHAL, 2000) até 95% (SUEHRCKE; PETERSON; SELBY, 2008) da radiação solar incidente. Materiais escolhidos para vedação das edificações e a morfologia urbana (proximidade entre edifícios – cânions urbanos), inclusive a vegetação, influenciam no clima. Como reflexo das ilhas de calor há um significativo aquecimento do interior dos edifícios durante as estações quentes (HASSID *et al.*, 2000; SANTAMOURIS *et al.*, 2001; KOLOKOTRONI; GIRIDHARAN, 2008), o que aumenta a demanda de energia para o condicionamento térmico artificial, gera desconforto e reduz a produtividade dos usuários de edificações desprovidas de ar-condicionado.

Materiais frios constituem uma alternativa para mitigação do impacto causado pelas ilhas de calor. Estes são intitulados “frios” porque possuem índices elevados de refletância (habilidade de refletir radiação solar) e alta emissividade térmica (habilidade de irradiar calor) sob incidência de radiação solar (LEVINSON *et al.*, 2007). Os índices de refletância e emitância variam de 0 a 1. Refletância 0 indica uma superfície totalmente absorviva (corpo negro), e 1 indica uma superfície que reflete 100% da radiação solar recebida. Com relação à emissividade térmica, esta é a relação entre a radiação emitida pela superfície e a máxima emissão teórica na mesma temperatura. Esses índices variam também de 0 (não irradia calor) a 1 (irradia todo o calor absorvido) (LIBBRA *et al.*, 2009).

Considerando que geralmente cores claras tendem a refletir mais do que cores escuras, porque seus índices de refletância são próximos a 1 (DOULOS; SANTAMOURIS; LIVADA, 2004; PRADO; FERREIRA, 2005; AKBARI; LEVINSON; STERN, 2008; ICHINOSE; INOUE; SAKAMOTO, 2009; LIBBRA *et al.*, 2009), pinturas à base de cal, que assumem a cor branca depois de aplicadas e secas, são uma alternativa de revestimento frio. Uemoto (1993) apresenta uma visão detalhada da pintura de cal, que é utilizada desde os tempos egípcios. Sua aplicação pode seguir diferentes formulações, de acordo com o substrato onde será aplicado e de acordo com a microestrutura e origem da cal (GUIMARÃES, 2002). Além da cal, o produto pode utilizar aditivos orgânicos e inorgânicos, e outros insumos para modificação de cor e melhoria de reologia.

Além do quesito cor, Guimarães (2002) afirma que a pintura à base de cal é mais resistente ao crescimento de microrganismos, especialmente se não houver adição de compostos orgânicos. No entanto, o uso da cal em revestimento externo e, particularmente, como pintura de cobertura não é consagrado em regiões de chuva intensa, pois nessa situação pode sofrer solubilização ou lixiviação de carbonatos e hidróxidos da pintura. Savastano Júnior *et al.* (1997) estudaram o uso de cal para pintura de telhados de fibrocimento e constataram que a adição de “fixadores” à pintura de cal proporcionou bom desempenho ante intempéries (4 meses de chuvas intensas). Certamente, no atual estágio do conhecimento, a durabilidade da pintura de cal em diferentes ambientes chuvosos se constitui num desafio importante para a disseminação dela. Atualmente, os estudos sobre tintas de cal estão associados à recuperação do patrimônio histórico (BONELLI; DELPINO; MIGOTO, 2006; CHELAZZI *et al.*, 2013; GIL *et al.*, 2011, 2013). No entanto, sua aplicação pode ser ampliada, inclusive na avicultura (SAVASTANO JÚNIOR *et al.*, 1997).

O objetivo do presente trabalho é explorar o potencial da pintura de cal aplicada como revestimento frio. No estudo foram medidas as propriedades de refletância e emissividade térmica, assim como o poder de cobertura de pinturas de cal nas condições de superfície úmida e seca.

## Materiais e métodos

Para a realização das pinturas foi utilizada cal dolomítica, CH-III, cola PVA branca e água. Os substratos utilizados para aplicação da pintura foram bloco cerâmico e dois tipos de fibrocimento: 1 (mais claro) e 2 (mais escuro).

As tintas de cal foram preparadas combinando-se cal hidratada, água e cola branca (resina PVA comercial), de acordo com as recomendações do manual do programa Monumenta, do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) (BONELLI; DELPINO; MIGOTO, 2006), nas proporções de cal:água:resina PVA de 1 kg:2 L:200 mg. Testou-se também a mistura de cal e água, sugerida pelo fabricante da cal, nas proporções de cal:água de 1 kg:2 L.

Após o preparo das suspensões, a aplicação foi feita com pincel, em 1, 2 e 3 demãos, observando-se o tempo de secagem entre demãos. A secagem foi avaliada mediante o esfregamento dos dedos sobre a película com certa pressão. A inexistência de material pulverulento nos dedos indica que a pintura está seca. Os ensaios de refletância e

emissividade térmica foram realizados após os 14 dias de cura em laboratório, bem como o ensaio de capacidade de cobertura da superfície nas condições úmida e seca.

### Medidas de refletância

As medidas de refletância foram realizadas de acordo com a norma ASTM C1549 (AMERICAN..., 2009), utilizando-se um refletômetro solar portátil, *Solar Spectrum Reflectometer*, modelo SSR versão 6, da Devices & Services Co. Tanto o equipamento quanto a

forma de medição podem ser visualizados nas Figura 1 e Figura 2.

### Medidas de emissividade térmica

As medidas de emissividade térmica foram realizadas de acordo com ASTM C1371 - 04A, (AMERICAN..., 2010), utilizando-se emissômetro portátil, método *Slide*. O equipamento utilizado foi o emissômetro modelo AE1, do fabricante Devices & Services Co. O ensaio de verificação de emissividade das superfícies pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 1 - Refletômetro Solar - Solar Spectrum Reflectometer



Figura 2 - Medida de refletância



Figura 3 - Medida de emissividade térmica



## Análise da capacidade de cobertura

A determinação foi realizada nas condições seca e úmida. Para a análise, utilizou-se a mesma metodologia apresentada na NBR 14942 (ABNT, 2012) e na NBR 14943 (ABNT, 2003), cujo objetivo é verificar qualitativamente o contraste existente entre substrato e pintura. Os ensaios foram feitos sobre os três tipos de substrato, através da análise visual das imagens, nas condições seca, imediatamente após a molhagem, e 5 min após a molhagem, feita com água deionizada, borrifada sobre a superfície pintada do corpo de prova.

## Resultados e discussão

### Resultados de refletância

Os valores médios de refletância (seis pontos medidos em cada corpo de prova) estão apresentados na Tabela 1. A relação entre a refletância e o número de demãos e a variação

do resultado em função do número de demãos estão apresentadas nas Figura 4, Figura 5 e Figura 6 para cada tipo de substrato.

A utilização da cola PVA não interferiu nos resultados de refletância, pois seu acabamento é transparente após a secagem.

As Figuras 5 e 6 apresentam os valores médios de refletância de acordo com o acréscimo de demãos (linha cheia), assim como a variação ou o ganho de poder refletivo (%) a cada demão aplicada (linha tracejada).

De acordo com os resultados, pode-se observar um ganho expressivo de refletância a partir da aplicação da primeira demão de pintura. Com o acréscimo de demãos, tende-se a chegar a uma estabilização dos índices de refletância. Esse comportamento é observado para todos os tipos de substrato. Somente para o fibrocimento 2, que é originalmente mais escuro, o acréscimo da terceira demão foi expressivo para os resultados de refletância.

Tabela 1 - Resultados médios de refletância (cobertura seca)

Substrato	Pintura	Demãos			
		0 (Ref)	1	2	3
Cerâmica vermelha	Cal + H <sub>2</sub> O		0,755	0,815	0,829
	Cal + PVA + H <sub>2</sub> O	0,492	0,744	0,794	0,816
Fibrocimento 1 (mais claro)	Cal + H <sub>2</sub> O		0,701	0,792	0,820
	Cal + PVA + H <sub>2</sub> O	0,423	0,701	0,743	0,763
Fibrocimento 2 (mais escuro)	Cal + H <sub>2</sub> O		0,557	0,656	0,763
	Cal + PVA + H <sub>2</sub> O	0,248	0,567	0,684	0,735

Figura 4 - Refletância x demãos de pintura - substrato cerâmica vermelha

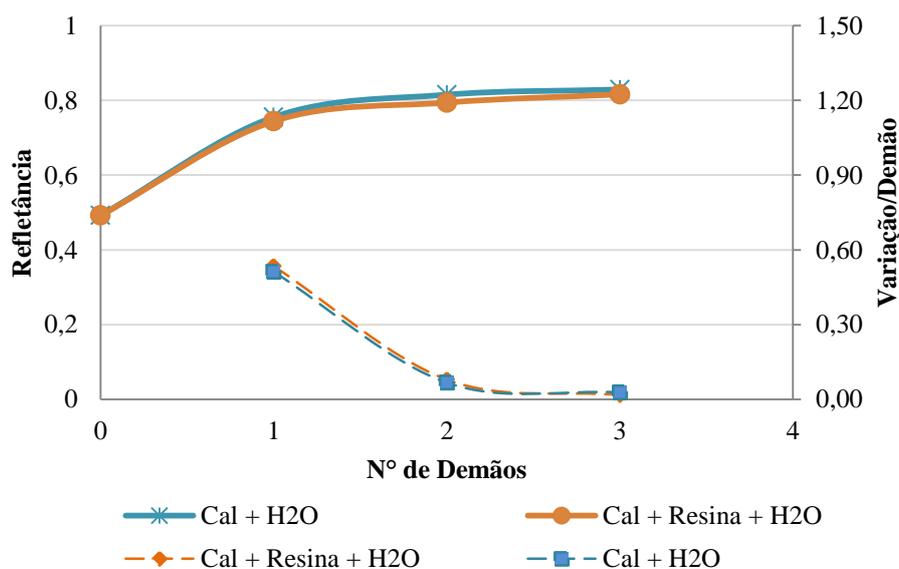


Figura 5 - Refletância x demãos de pintura - substrato fibrocimento 1 (mais claro)

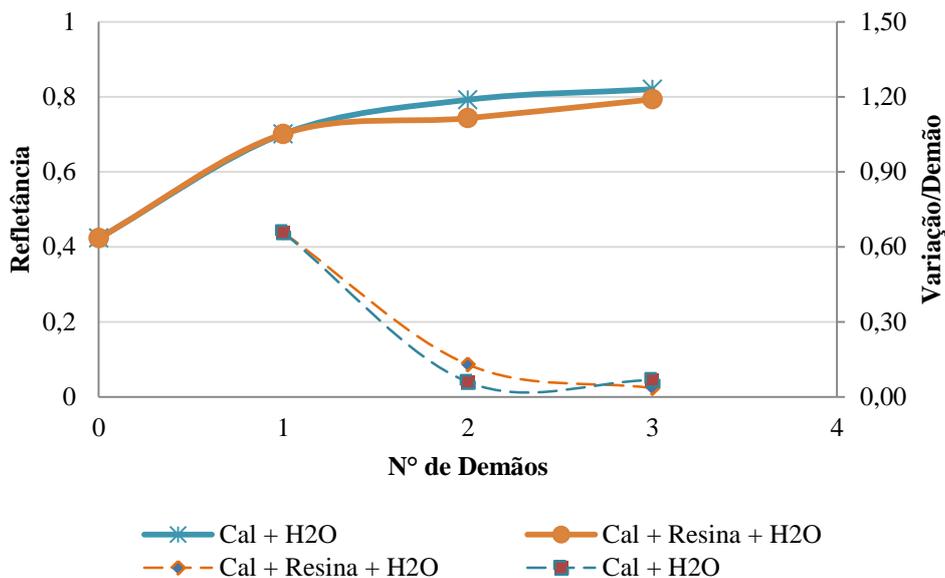
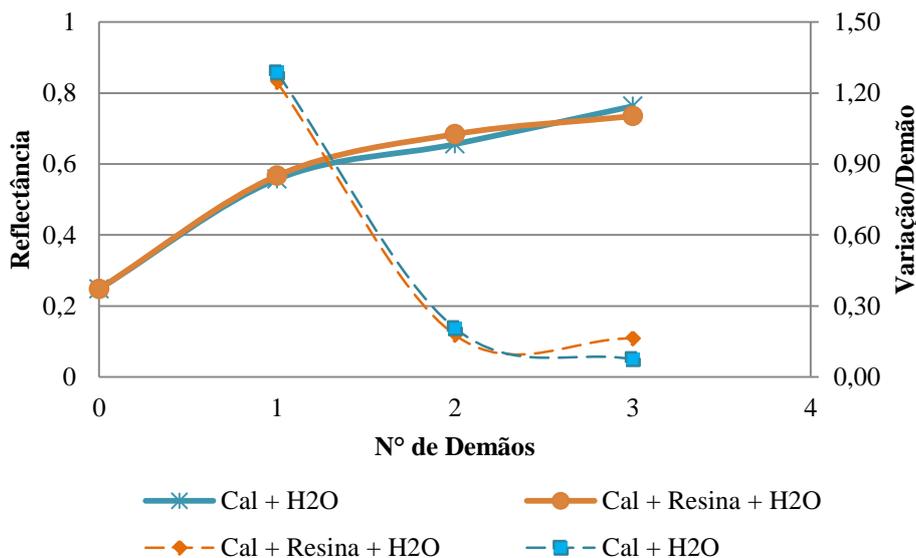


Figura 6 - Refletância x demãos de pintura - substrato fibrocimento 2 (mais escuro)

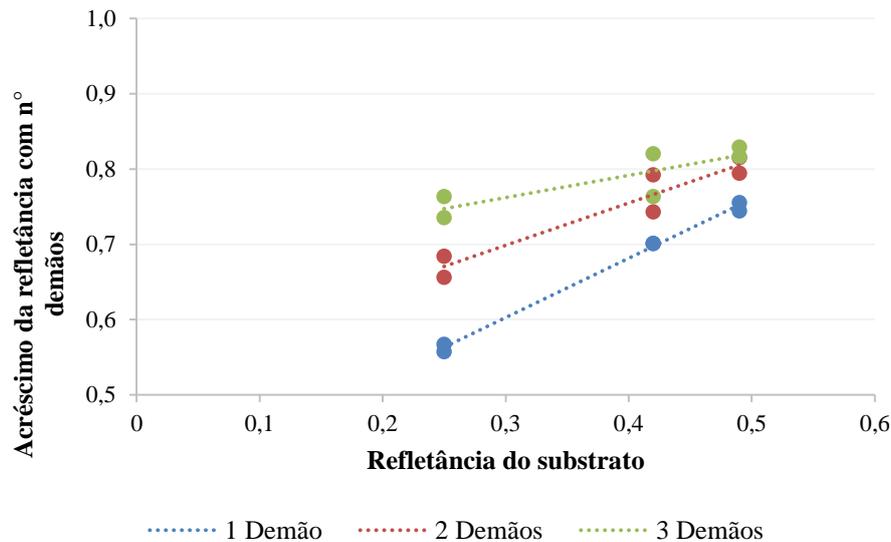


A Figura 7 apresenta os resultados da correlação entre refletância inicial do substrato e refletância da superfície após cada demão de pintura de cal. Observou-se que, para os substratos cuja refletância original era mais elevada (cerâmica vermelha e fibrocimento 1), a pintura de uma demão melhorou a refletância em 53% para o substrato de cerâmica vermelha e 66% para o substrato de fibrocimento 1 (mais claro). Nota-se que, para os substratos mais refletivos, apenas uma demão de pintura é necessária para alcançar um índice de refletância compatível com uma pintura fria (0,65). No entanto, para o substrato menos

refletivo originalmente, uma demão de pintura não é suficiente para alcançar esses índices, apesar de esta única demão aumentar mais de duas vezes o valor do índice de refletância. Ainda para esse substrato, mesmo após três demãos de pintura há influência do substrato na refletância final do sistema.

A adição de cola PVA na formulação facilitou a aplicação e reduziu a velocidade de sedimentação e necessidade de remistura. A redução de 1,7% da refletância (Tabela 1) medida em relação à formulação cal + água foi considerada desprezível.

Figura 7 - Correlação entre refletância inicial e refletância após cada demão de pintura de cal



O resultado de refletância obtido (0,82) para pintura com cal foi compatível com pinturas brancas de diferentes formulações realizadas por Song *et al.* (2013) (0,88). Nesse estudo os autores aplicaram as tintas formuladas com titânio, carbonato, microesferas cerâmicas e esferas com mudança de fase, em cobertura de fibrocimento, e obtiveram redução de até 20 °C na superfície da telha em relação à telha não pintada. A mesma redução de 20 °C na temperatura de superfície foi medida por Romeo e Zinzi (2011) após a aplicação de duas demãos de pintura branca (orgânica à base de água) sobre uma cobertura de concreto, cuja refletância final foi de 0,86.

A redução da temperatura interna será efetiva atendendo ao requisito mínimo de refletância. O US Cool Roof Rating Council, em conjunto com o programa *Energy Star*, estabelece que a refletância mínima deve ser  $\geq 0,65$  em produtos novos e de  $\geq 0,5$  após três anos de exposição natural. Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a pintura à base de cal atinge os níveis de refletância inicial aplicados a uma cobertura plana. No entanto, para que esse produto tenha desempenho satisfatório, são necessários estudos detalhados de durabilidade ao longo do tempo em diferentes condições de exposição.

### Resultados de emissividade

Os valores médios da emissividade térmica (realizada em oito pontos de cada corpo de prova) atendem aos parâmetros definidos pelo *Cool Roof Rating Council* (CRRC), de 0,83. Como a emissividade térmica é um conceito relacionado à natureza da superfície do material e a pintura aplicada foi sempre a mesma, não houve mudança

de comportamento. Os resultados medidos no estudo estão apresentados na Tabela 2.

No entanto, da mesma forma que ocorre para a propriedade de refletância, é necessário realizarem-se estudos detalhados de durabilidade, incluindo exposição natural para a verificação da manutenção da emissividade térmica. Uma vez que sua medida ocorre superficialmente, o crescimento de microrganismos ou deposição de material particulado pode gerar mudança no resultado.

### Poder de cobertura úmida e seca

O ensaio foi realizado nos corpos de prova com aplicação de três demãos de pintura de cal + água. Optou-se pelo teste de uma das misturas em razão de os resultados de refletância e emissividade serem muito próximos. As Figura 8 a 10 apresentam as imagens dos corpos de prova pintados com três demãos, nas condições de superfície seca, imediatamente e 5 min após a molhagem. O contraste entre substrato e pintura de cal é visível, especialmente para o substrato de fibrocimento 2 (mais escuro), que, após a aplicação das três demãos de pintura, não foi suficiente para cobrir o substrato, nem mesmo na condição seca (Figura 10).

Os substratos cerâmica vermelha e fibrocimento 1 (mais claro) apresentaram boa cobertura, após a aplicação das três demãos da pintura de cal, na análise qualitativa realizada. Neste ensaio, também foi possível verificar a correlação entre substratos de refletância elevada e a capacidade de cobertura. No entanto, quando umedecida, a cerâmica vermelha apresenta o maior contraste entre substrato e pintura, em relação aos demais substratos.

Tabela 2 - Valores médios de emissividade térmica

Substrato	Pintura	Demãos			
		0 (Ref.)	1	2	3
Cerâmica vermelha	Cal + H <sub>2</sub> O	0,927	0,974	0,973	0,983
	Cal + PVA + H <sub>2</sub> O		0,976	0,980	0,980
Fibrocimento 1 (mais claro)	Cal + H <sub>2</sub> O	0,954	0,964	0,972	0,965
	Cal + PVA + H <sub>2</sub> O		0,961	0,953	0,950
Fibrocimento 2 (mais escuro)	Cal + H <sub>2</sub> O	0,966	0,974	0,973	0,983
	Cal + PVA + H <sub>2</sub> O		0,976	0,980	0,980

Figura 8 - Corpo de prova de cerâmica vermelha revestido com três demãos de pintura de cal, com molhagem



Figura 9 - Corpo de prova de fibrocimento 1 revestido com três demãos de pintura de cal, com molhagem

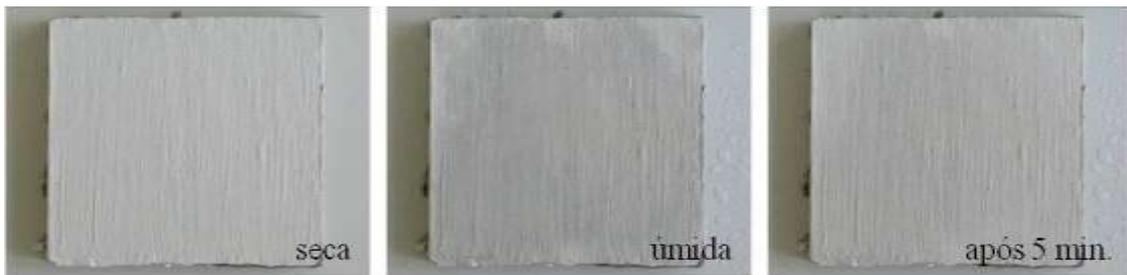
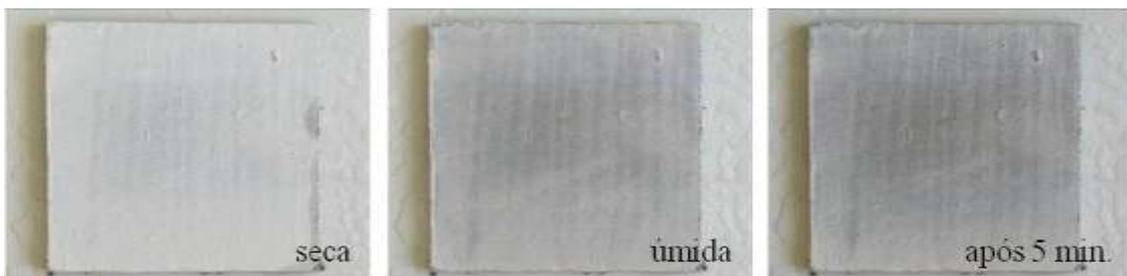


Figura 10 - Corpo de prova de fibrocimento 2 revestido com três demãos de pintura de cal, com molhagem



Entre os substratos testados, o fibrocimento 2 apresenta a menor absorção de água, portanto mais lento é o retorno à cor branca da pintura. Esse fator é mais expressivo quando comparadas as imagens após 5 min de molhagem. O fibrocimento 2 permanece com maior contraste quando comparado com os demais substratos.

## Conclusões

Os resultados de refletância confirmam a elevada refletividade das pinturas à base de cal. Essa propriedade é resultado da coloração branca, obtida após a secagem da pintura. As medidas de refletância demonstraram que, à medida que se acrescentam demãos de pintura, há incremento no valor de refletância, até o máximo de três demãos.

No entanto, o sistema mostrou-se sensível à cor do substrato, uma vez que, em substratos mais escuros, como o fibrocimento 2, pode ser necessária a aplicação de maior número de demãos para a obtenção de melhor capacidade de cobertura e, como consequência, melhor refletância.

O ensaio de emissividade térmica demonstrou a alta capacidade do material em reemitir calor para o ambiente. Neste caso, o número de demãos não foi significativo para determinar o desempenho de emissividade das pinturas de cal. Por ser uma propriedade superficial, os valores de emissividade térmica não serão afetados pelo número de demãos de pintura de cal.

A capacidade de cobertura das pinturas de cal também é influenciada pela cor do substrato. Observou-se que, na condição seca, o substrato de fibrocimento 2, mais escuro, demanda maior número de demãos para uma cobertura satisfatória. Para a condição úmida, a cerâmica vermelha apresentou maior contraste entre a cor do substrato e a pintura.

Existe grande potencial de desenvolvimento para tintas frias à base de cal, para aplicação em diferentes substratos. O aspecto crítico no desenvolvimento do produto é o desempenho ao longo do tempo e a vida útil, particularmente, relacionados à lixiviação por chuvas ácidas, deposição de sujidade e biodeterioração. É evidente que a perda de refletividade varia de local para local, portanto estudos de durabilidade devem ser feitos em diferentes sítios de exposição, assim como estudos detalhados de formulações, manutenção da propriedade de refletância e análise custo-benefício para atender aos requisitos de durabilidade.

## Referências

- AKBARI, H.; LEVINSON, R.; STERN, S. Procedure For Measuring the Solar Reflectance of Flat or Curved Roofing Assemblies. **Solar Energy**, v. 82, n. 7, p. 648-655, 2008.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1371 - 04A**: test method for determination of emittance of materials near room temperature using portable emissometers. Philadelphia, 2010.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1549**: test method for determination of solar reflectance near ambient temperature using a portable solar reflectometer. Philadelphia, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14942**: tintas para construção civil: método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais: determinação do poder de cobertura de tinta seca. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14943**: tintas para construção civil: método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais: determinação do poder de cobertura de tinta úmida. Rio de Janeiro, 2003.
- BONELLI, R.; DELPINO, R.; MIGOTO, M. **Manual Prático Uso da Cal**. 2006. Disponível em: <[http://www.monumenta.gov.br/upload/Manual%20Cal%20%20Monumenta\\_Natividade\\_1172690451.pdf](http://www.monumenta.gov.br/upload/Manual%20Cal%20%20Monumenta_Natividade_1172690451.pdf)>. Acesso em: 03 jul. 2014.
- CHELAZZI, D. *et al.* Hydroxide Nanoparticles For Cultural Heritage: consolidation and protection of wall paintings and carbonate materials. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 392, p. 42-49, fev. 2013.
- DOULOS, L.; SANTAMOURIS, M.; LIVADA, I. Passive Cooling of Outdoor Urban Spaces: the role of materials. **Solar Energy**, v. 77, n. 2, p. 231-249, 2004.
- GIL, M. *et al.* Colour Assays: an inside look into Alentejo traditional limewash paintings and coloured lime mortars. **Color Research & Application**, v. 36, n. 1, p. 61-71, fev. 2011.
- GIL, M. *et al.* Microanalytical Study of the *Fresco* “the Good and the Bad Judge” in the Medieval Village of Monsaraz (Southern Portugal). **X-Ray Spectrometry**, v. 42, n. 4, p. 242-250, jul. 2013.
- GUIMARÃES, J. E. P. **A Cal**: fundamentos e aplicações na engenharia civil. São Paulo: Pini, 2002.
- HASSID, S. *et al.* The Effect of the Athens Heat Island on Air Conditioning Load. **Energy and Buildings**, v. 32, n. 2, p. 131-141, 2000.
- ICHINOSE, M.; INOUE, T.; SAKAMOTO, Y. Long-Term Performance of High-Reflectivity Exterior Panels. **Building and Environment**, v. 44, p. 1601-1608, 2009.
- KOLOKOTRONI, M.; GIRIDHARAN, R. Urban Heat Island Intensity in London: an investigation of the impact of physical characteristics on changes in outdoor air temperature during summer. **Solar Energy**, v. 82, p. 986-998, 2008.

LAMBERTS, R.; WESTPHAL, F. Energy Efficiency in Buildings in Brazil. In: CIB SYMPOSIUM ON CONSTRUCTION & ENVIRONMENT THEORY INTO PRACTICE, São Paulo, 2000. **Anais...** São Paulo, 2000.

LEVINSON, R. *et al.* Methods of Creating Solar-Reflective Nonwhite Surfaces and Their Application to Residential Roofing Materials. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 91, n. 4, p. 304-314, fev. 2007.

LIBBRA, A. *et al.* Spectral Response Data For Development of Cool Coloured Tile Coverings. **Optics & Laser Technology**, v. 43, p. 394-400, 2009.

PRADO, R. T. A.; FERREIRA, F. L. Measurement of Albedo and Analysis of Its Influence the Surface Temperature of Building Roof Materials. **Energy and Buildings**, v. 37, n. 4, p. 295-300, 2005.

ROMEO, C.; ZINZI, M. Impact of a Cool Roof Application on the Energy and Comfort Performance in an Existing Non-Residential Building: a Sicilian case study. **Energy and Buildings**, jul. 2011.

SANTAMOURIS, M. *et al.* On the Impact of Urban Climate on the Energy Consumption of Buildings. **Solar Energy**, v. 70, n. 3, p. 201-216, 2001.

SAVASTANO JÚNIOR, H. *et al.* Desempenho de Alguns Sistemas de Cobertura Para Aviários. **Engenharia Rural**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 1997.

SONG, Z. *et al.* Optical Properties Across the Solar Spectrum and Indoor Thermal Performance of Cool White Coatings For Building Energy Efficiency. **Energy and Buildings**, v. 63, p. 49-58, aug. 2013.

SUEHRCKE, H.; PETERSON, E. L.; SELBY, N. Effect of Roof Solar Reflectance on the Building Heat Gain in a Hot Climate. **Energy and Buildings**, v. 40, p. 2224-2235, 2008.

UEMOTO, K. L. **Pintura à Base de Cal**. São Paulo: IPT/ABPC, 1993.

## Agradecimentos

Os pesquisadores agradecem ao apoio da Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pela concessão de bolsa de doutorado e iniciação científica. À aluna de iniciação científica Isabela Libório Oliveira, pelo auxílio nas atividades de laboratório, e à ABPC (Associação Brasileira de Produtores de Cal).

### Ana Paula Werle

Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica | Universidade de São Paulo | Av. Prof. Almeida Prado, Trav. 2, n. 271, Butanta | São Paulo - SP - Brasil | CEP 05508-900 | Tel.: (11) 3091-5166 | E-mail.: ana.werle@lme.pcc.usp.br

### Kai Loh

Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica | Universidade de São Paulo | Tel.: (11) 3091-5789 Ramal 5789 | E-mail.: kai.loh@poli.usp.br

### Vanderley Moacyr John

Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica | Universidade de São Paulo | Tel.: (11) 3091-5794 | E-mail.: vmjohn@lme.pcc.usp.br

### Revista Ambiente Construído

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro

Porto Alegre - RS - Brasil

CEP 90035-190

Telefone: +55 (51) 3308-4084

Fax: +55 (51) 3308-4054

www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido

E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br