



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

EFEITOS DO INTEMPERISMO NATURAL SOBRE A REFLETÂNCIA DE TINTAS BRANCAS PARA COBERTURAS

DORNELLES, Kelen (1); SICHIERI, Eduvaldo (2)

(1) Instituto de Arquitetura e Urbanismo - IAU/USP São Carlos, e-mail: kelend@sc.usp.br

(2) Instituto de Arquitetura e Urbanismo - IAU/USP São Carlos, e-mail: sichieri@sc.usp.br

RESUMO

O uso de materiais refletivos nas superfícies externas de edificações expostas à radiação solar, em especial as coberturas, pode contribuir significativamente para a redução da absorção de calor pelas mesmas. Materiais refletivos, particularmente aqueles de cor clara, podem potencializar a reflexão desta radiação. No entanto, a exposição das coberturas das edificações às intempéries e aos agentes atmosféricos altera as características iniciais de reflexão dos materiais aplicados, além da alteração de outras características dessas superfícies, como modificação de cor, perda de brilho, entre outros. Assim, os revestimentos refletivos devem manter ao longo do tempo sua refletância inicial, principalmente se forem de cores claras. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é avaliar os efeitos causados pela exposição ao intemperismo natural sobre as refletâncias de tintas brancas para uso como revestimento de coberturas. Amostras de nove tintas foram expostas ao intemperismo natural e suas refletâncias foram medidas em espectrofotômetro antes da exposição e durante o período de um ano, a cada três meses. As medições foram realizadas para a faixa de 300 a 2500 nm. Refletâncias médias por faixa do espectro (UV, VIS, IV, Total) foram calculadas, para efeito comparativo. Os resultados indicaram que houve diminuição significativa na refletância solar das amostras após a exposição ao tempo pelo período analisado, o que demonstra a ineficiência das mesmas em manterem suas características refletivas ao longo do tempo.

Palavras-chave: refletância solar, intemperismo natural, tintas brancas.

ABSTRACT

The use of reflective materials on building external surfaces, mainly on roofs, can significantly contribute to decrease heat absorption. Reflective materials, particularly those of light colors, can increase the radiation reflection. However, the roofs exposure to natural weathering changes the initial reflection characteristics of applied materials, besides changing other characteristics of these surfaces. In this way, reflective materials should maintain their initial reflectance along the time, mainly for light colors. In this context, with the aim to evaluate the effects of natural weathering on the reflectances of white coatings for roof paint, nine coatings were exposed to natural weathering and their reflectances were measured with a spectrophotometer before the exposure and after one year, every three months. Measurements were performed from 300 to 2500 nm and the reflectances were calculated for the UV, VIS, IR and Total range of the solar spectrum, for comparative purpose. Results show a decrease on the samples solar reflectance after the exposure for the analyzed period, which indicates their inefficiency in order to maintain initial reflective characteristics along the time.

Keywords: solar reflectance, natural weathering, white coatings.

1 INTRODUÇÃO

As condições térmicas ao redor das construções são determinadas por diversos fatores climáticos como radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e a velocidade dos ventos. Estes parâmetros influenciam diretamente na transferência de calor que ocorre entre o meio ambiente e o interior da habitação através do envelope construtivo.

Internamente, o ganho de calor reflete nos usuários, causando desconforto térmico e levando a um maior consumo de energia para o caso de climas quentes, devido ao uso constante de ar condicionado (SIMPSON; MCPHERSON, 1997).

Em uma edificação, o consumo de energia com sistemas de refrigeração pode ser significativamente reduzido limitando-se o ganho de calor solar através de seu envelope, o qual depende da intensidade da radiação solar incidente e da “refletância” da superfície externa, propriedade esta definida como a razão entre a energia solar refletida por uma superfície e a energia total incidente sobre a mesma (ABNT, 2005). Como o balanço de energia de uma edificação é dependente da radiação solar incidente sobre suas superfícies externas, as refletâncias destas superfícies serão importantes para determinar o efeito que a radiação solar terá sobre o desempenho térmico da edificação. O objetivo é melhorar o conforto térmico no interior de edificações naturalmente ventiladas durante o verão, e/ou reduzir o custo de operação das edificações com sistemas de condicionamento artificial (MULHALL; AYNLEY, 1999).

Do total de radiação solar absorvida por um edifício, uma parte significativa ocorre através da cobertura. Quanto mais baixa for a latitude e menor o número de pavimentos, maior será esta porcentagem. Desta forma, em toda a região tropical a cobertura tem fundamental importância no desempenho térmico dos edifícios. Uma alternativa interessante para controle desse fluxo de calor pode ser obtida através dos efeitos conjugados entre refletâncias e emitâncias dos materiais utilizados nas coberturas. A emitância é uma propriedade característica das superfícies definida como a taxa de emissão de radiação por unidade de área (ABNT, 2005). Maiores refletâncias reduzem os ganhos de calor solar do edifício, sem necessariamente alterar as perdas. Ao mesmo tempo, aumentar a emitância pode incrementar as trocas de calor por radiação em ondas longas (GOMES, 1962).

Materiais que apresentam altas refletâncias e emitâncias são conhecidos como materiais frios (*cool materials*). Atualmente, existem diversos tipos de materiais classificados como "frios" disponíveis comercialmente para uso em edificações ou em superfícies de áreas urbanas, mas sua produção concentra-se principalmente no mercado internacional. A maioria desses materiais é de cor branca ou cores claras (BERDAHL; BRETZ, 1997; AKBARI; POMERANTZ; TAHA, 2001; DOULOS; SYNNEFA; SANTAMOURIS; LIVADA, 2006). Produtos frios para coberturas são compostos de materiais altamente refletivos e emissivos, usualmente de cor branca e podem manter-se aproximadamente 30°C mais frios que os materiais tradicionais durante condições de verão extremas (EPA, 2009; SYNNEFA et al., 2006).

No Brasil, poucos são os produtos desenvolvidos com características refletivas para aplicação em coberturas de edifícios, que apresentem em sua composição pigmentos refletivos à radiação infravermelha (calor), principalmente quando se fala em tintas frias de cores mais escuras. Alguns fabricantes têm comercializado tintas de cor branca que apresentam alta refletância na região visível do espectro solar (luz), mas que são comercializados por seus fabricantes como materiais “isolantes térmicos” devido à presença de microesferas cerâmicas quando aplicados em coberturas.

O *Green Building Council Brasil* (GBC Brasil) lançou um programa incentivando o uso de telhados pintados de branco, com o objetivo de reduzir as temperaturas superficiais das coberturas de edifícios no Brasil e conseqüentemente reduzir a temperatura do ar nos centros urbanos. No entanto, esta é apenas uma campanha de incentivo à população, e não uma norma ou lei. Paralelamente, na cidade de São Paulo, foi aprovado em primeira votação na Câmara Municipal o projeto de Lei 615/2009 para que as novas

casas construídas na capital tenham os telhados e coberturas pintados de branco, de modo a reduzir os efeitos do aquecimento global.

Por outro lado, estudos já comprovaram que a exposição das coberturas aos agentes atmosféricos altera as características iniciais de reflexão das tintas e demais materiais aplicados, além da alteração de outras características dessas superfícies, como modificação de cor, perda de brilho, empolamento, entre outros (LEVINSON et al., 2005). Assim, os revestimentos refletivos para serem efetivos devem manter ao longo do tempo a sua refletância inicial, o que torna necessário o desenvolvimento de materiais com propriedades de resistência ao desgaste (BRETZ; AKBARI, 1997). Porém, limpezas periódicas podem amenizar a alteração dessa propriedade.

De maneira geral, a exposição ao tempo tende a diminuir a refletância de materiais claros e aumentar a refletância de materiais escuros. Em estudo realizado por Bretz e Akbari (1997), avaliou-se os efeitos provocados pelo envelhecimento de 26 tipos de telhados que originalmente apresentavam altas refletâncias. Os autores concluíram que estes efeitos dependem do tipo de revestimento, de sua textura, da inclinação da cobertura e da proximidade de fontes de sujeira, e que a maior redução de refletância, em torno de 20%, ocorre no primeiro ano. Os mesmos autores destacam que a lavagem periódica das superfícies pintadas pode restabelecer entre 90 e 100% da refletância original. Em publicação mais recente, Akbari et al. (2005) comparam os efeitos do envelhecimento em dezenas de coberturas de alta refletância, sob diferentes condições de conservação e limpeza. Os resultados comprovaram que, com o passar do tempo, as refletâncias são progressivamente afetadas pela radiação ultravioleta e por acúmulo de pó, sujeira e poluição urbana. No interior das cidades, a tendência do envelhecimento é reduzir altas refletâncias, pois o pó e outros detritos urbanos acumulados sobre as superfícies geralmente apresentam refletâncias médias.

Neste contexto, esta pesquisa tem o objetivo de avaliar os efeitos causados pela exposição ao intemperismo natural sobre as refletâncias de tintas brancas próprias para uso como revestimento de coberturas, a partir da exposição das mesmas pelo período de um ano. Pretende-se demonstrar a importância do desenvolvimento de materiais refletivos que mantenham suas características de alta refletância ao longo do tempo, além da necessidade de limpeza periódica das coberturas para evitar perdas da reflexão com a deposição de sujeira e poluentes sobre as mesmas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostras analisadas

Foram selecionadas nove amostras de tintas brancas para pintura de cobertura de edifícios disponíveis no mercado nacional, das quais uma é tinta acrílica convencional, duas (02) são tintas acrílicas refletivas e seis (06) são tintas refletivas com microesferas cerâmicas. As amostras foram numeradas de T1 a T9, seguidas da seguinte legenda: CONV (tinta acrílica convencional), MEC (tinta com microesferas cerâmicas), e REF (tinta acrílica refletiva).

Para a confecção das amostras foram utilizadas peças cerâmicas no tamanho de 8,0 x 8,0 cm, com rugosidades superficiais semelhantes às das vedações de edificações, permitindo resultados mais realistas em relação ao acabamento superficial. As amostras foram pintadas com uma demão de tinta na cor branco gelo como fundo, seguida de três demãos da tinta a ser analisada, com intervalo mínimo de duas horas entre demãos.

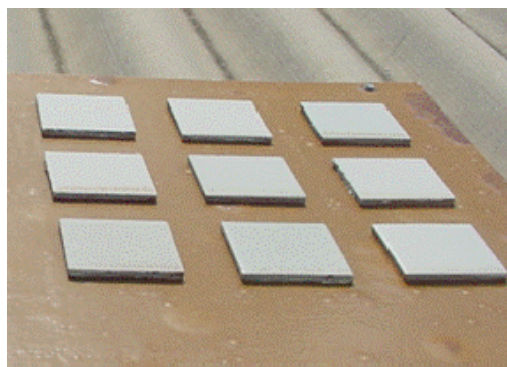
Tomou-se o cuidado de se obter amostras com superfícies homogêneas, predominando a cor e acabamento da tinta considerada.

A refletância inicial das amostras foi medida antes da exposição aos agentes atmosféricos. Posteriormente, foram coladas com silicone em placa de MDF impermeabilizada e fixada sobre um dos protótipos presentes no canteiro experimental do Laboratório de Construção Civil (LCC) do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP São Carlos (Figura 1), permanecendo totalmente expostas às condições climáticas durante o período de 12 meses. A posição sobre o protótipo foi escolhida para maximizar a exposição à radiação solar, sem interferência de sombra de árvores e prédios vizinhos. As amostras foram orientadas ao Norte e com inclinação aproximada de 8° em relação ao plano horizontal.

Figura 1 – Amostras expostas ao intemperismo natural sobre protótipo.



(a) Protótipo no canteiro experimental.



(b) Amostras aderidas em placa sobre o protótipo.

Fonte: O autor.

O período de exposição das amostras foi de setembro de 2012 a janeiro de 2014. Importante salientar que durante quatro meses, entre julho e outubro de 2013 as amostras foram mantidas guardadas em local fechado no laboratório, devido a período de intervenções no canteiro experimental do LCC, que poderiam afetar as condições naturais de exposição das amostras, retornando para exposição em 30 de outubro de 2013. Assim, houve a interrupção da exposição no referido período, e por isso para completar 1 ano de medições estendeu-se a exposição das amostras até janeiro de 2014.

Assim, as medidas das refletâncias ocorreram respectivamente nos seguintes períodos:

- Inicial: setembro de 2012;
- Segunda medição: dezembro de 2012;
- Terceira medição: março de 2013;
- Quarta medição: junho de 2013;
- Quinta medição: janeiro de 2014.

Avaliações periódicas foram realizadas por observação visual, com registro fotográfico, e instrumental, onde foram analisados o aspecto geral das amostras e a refletância solar, esta última realizada em laboratório.

2.2 Medições de refletância espectral

As análises óticas foram realizadas em espectrofotômetro Varian modelo CARY 5G, do Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica da Universidade Federal de São Carlos. Este espectrofotômetro foi escolhido porque varre a região espectral relativa ao ultravioleta, visível e infravermelho, na faixa de operação entre 185 nm e 3300 nm, possibilitando escolher as regiões do espectro pertinentes à pesquisa. Neste trabalho, as amostras foram ensaiadas a cada 1nm, no intervalo de 300 a 2500 nm, que é a região do espectro solar que apresenta maior concentração de energia proveniente do Sol, de acordo com o espectro solar padrão definido pela ASTM (2003). Este intervalo foi subdividido em três, caracterizando as regiões do ultravioleta (300 a 380 nm), visível (380 a 780 nm) e infravermelho-próximo (780 a 2500 nm). As medições foram realizadas de acordo com padrões definidos pelas normas ASTM E903-96 (ASTM, 1996) e ASHRAE 74-1988 (ASHRAE, 1988).

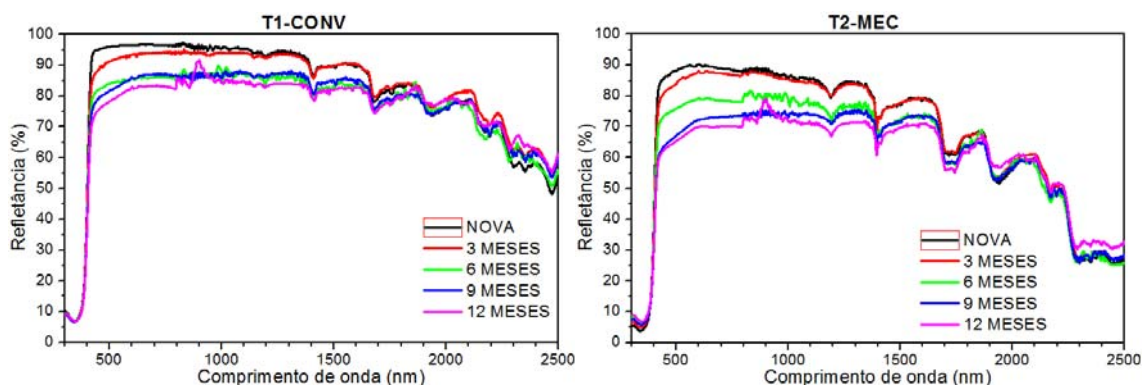
As refletâncias médias por faixa do espectro solar (UV, VIS, IV, Total) foram ajustadas ao espectro solar padrão definido pela ASTM (2003), conforme método apresentado por Dornelles (2008). Este ajuste faz-se necessário, pois a intensidade da radiação solar não é constante ao longo do espectro e sua distribuição depende do clima, altitude e das diversas características atmosféricas que se modificam frequentemente (nebulosidade, presença de vapor d'água, poluição, etc.). E os dados de refletância solar obtidos pelo espectrofotômetro caracterizam o comportamento ótico das diferentes amostras quando expostas a uma energia constante ao longo de todo o espectro solar. Ou seja, este cálculo não considera o percentual de energia incidente em cada comprimento de onda, pois o espectrofotômetro não faz essa distinção, o que acarreta distorções no caso da caracterização das superfícies frente à radiação solar, pois esta apresenta variações acentuadas de valores de energia incidente no intervalo estudado.

3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As curvas espectrais de refletância das amostras medidas quando novas e após a exposição por três, seis, nove e doze meses respectivamente, são apresentadas nas figuras 2 a 6. No Quadro 1 são apresentadas as refletâncias integradas aos comprimentos de onda da visível e do espectro solar total, cujos valores já estão ajustados ao espectro solar padrão definido pela ASTM (2003), conforme método apresentado por Dornelles (2008). E na figura 7 é apresentado um gráfico de colunas comparativo com as refletâncias médias totais de cada amostra quando novas e após 3, 6, 9 e 12 meses de exposição, respectivamente.

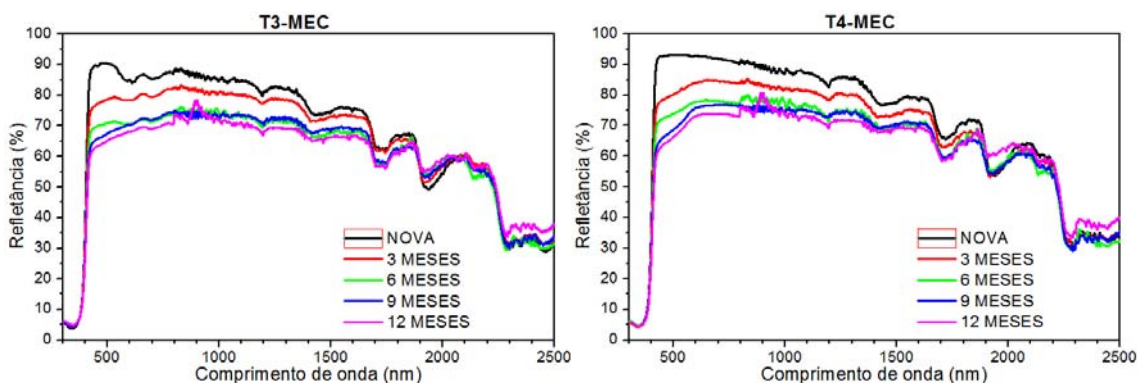
Observa-se que para a tinta T1 (convencional), a diminuição da refletância solar inicial foi mais significativa a partir do sexto mês de exposição, mantendo-se nessa faixa até concluir um ano de exposição ao intemperismo natural. Sua refletância solar diminuiu de 91% para 79%, uma redução absoluta de 12% em um ano, sendo que nos três primeiros meses essa redução foi menos significativa, aproximadamente 2,4%. No caso da tinta T2, com microesferas cerâmicas, a redução foi mais significativa até 9 meses de exposição, de 82,1% para 68,1%, mantendo-se nessa faixa com um ano de exposição (66,3%), sendo a redução total de 15,8% em um ano de exposição. Ou seja, superior à redução que ocorreu na tinta T1 convencional. Além disso, a tinta T1 convencional foi a que apresentou a menor perda em sua refletância solar ao longo do período de exposição, caracterizando-a como a tinta mais refletiva entre as analisadas nesta pesquisa, e também foi a que apresentou maior poder de manutenção de sua capacidade refletiva neste período.

Figura 2 – Curvas de refletância espectral das tintas T1 e T2.



Para as tintas T3 e T4, o impacto maior na redução da refletância solar ocorreu até o 6^o mês de exposição das amostras. Para a tinta T3 a redução foi de 15,5% (de 81% para 65,5% após 1 ano) e para a tinta T4 reduziu 16,8% (de 84,8% para 68%).

Figura 3 – Curvas de refletância espectral das tintas T3 e T4.



No caso das tintas T5, T6 e T7, comportamento semelhante aconteceu, com maiores impactos da exposição ao tempo até o sexto mês. Particularmente a tinta T7 foi a que apresentou a maior diminuição em sua refletância solar ao longo de um ano de exposição, reduzindo de 78,4% para 60,6%, uma redução absoluta de 17,8%, conforme apresentado no Quadro 1 e na Figura 7.

Figura 4 – Curvas de refletância espectral das tintas T5 e T6.

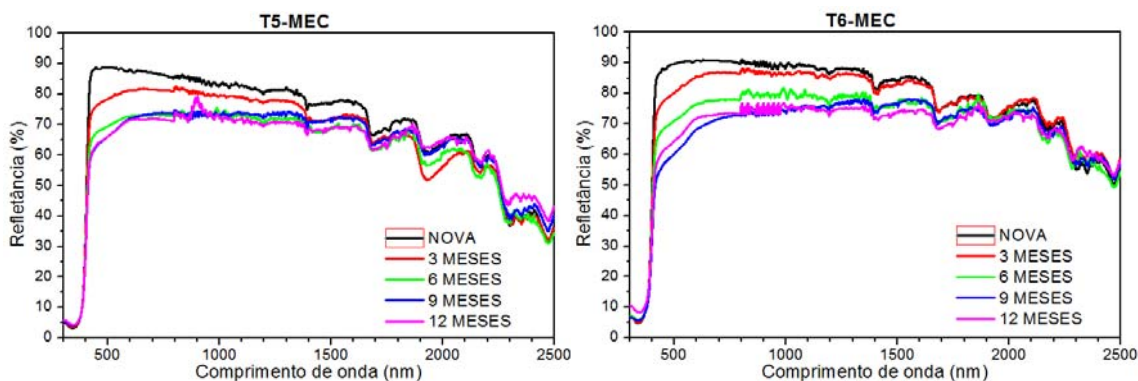
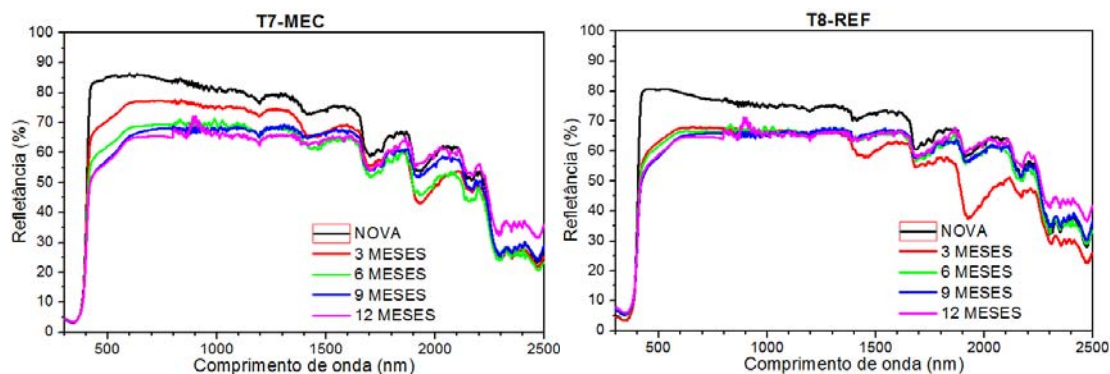
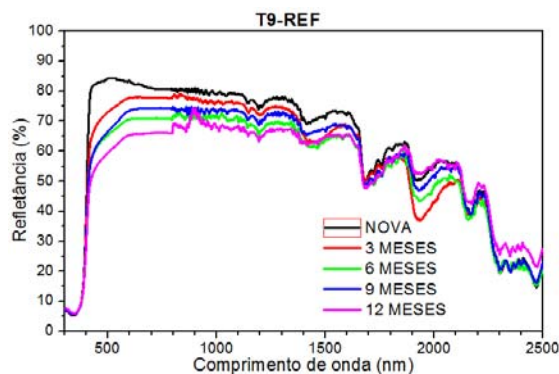


Figura 5 – Curvas de refletância espectral das tintas T7 e T8.



A tinta T8 refletiva teve redução na sua refletância inicial já no terceiro mês de forma bastante significativa (de 73,6% para 63,2% - redução de 11,3%) e manteve-se nesta faixa ao longo dos demais meses, até completar um ano de exposição, finalizando com refletância solar de 61,1%. A tinta T9 refletiva já teve comportamento diferenciado desta, sendo que a redução de 14,4% na refletância foi gradativa ao longo do tempo, de 75,9% inicial para 61,5% final.

Figura 6 – Curvas de refletância espectral da tinta T9.



Na figura 7 é apresentado um gráfico de colunas comparativo com as refletâncias médias totais de cada amostra quando novas e após 3, 6, 9 e 12 meses de exposição, respectivamente. Também está em destaque a variação absoluta na refletância solar (diminuição da refletância) quando nova e após 1 ano de exposição, conforme discutido anteriormente. Em destaque na figura (grifo amarelo), as amostras que apresentaram maiores diminuições em suas refletâncias solares, neste caso as tintas T6-MEC e T7-MEC, ambas que possuem microesferas cerâmicas em sua composição. Para ambos os casos, as mesmas apresentavam, visualmente, rugosidade superficial superior às demais amostras, em especial a amostra T7-MEC, justamente a que apresentou maior alteração em sua refletância solar (inicial=78,4% e 12meses=60,6%, diminuição de 17,8%), como pode ser observado na Figura 8, com uma imagem da amostra antes da exposição ao tempo (imagem da esquerda) e após os 12 meses de exposição (imagem da direita). Este comportamento comprova a conclusão de estudos anteriores (Seker; Tavail, 1996) que indicam que a rugosidade superficial pode influenciar na modificação da refletância solar ao longo do tempo, pois a mesma facilita o acúmulo de detritos, fuligem e poeira em sua superfície, e estes interferem na capacidade de refletir mais radiação.

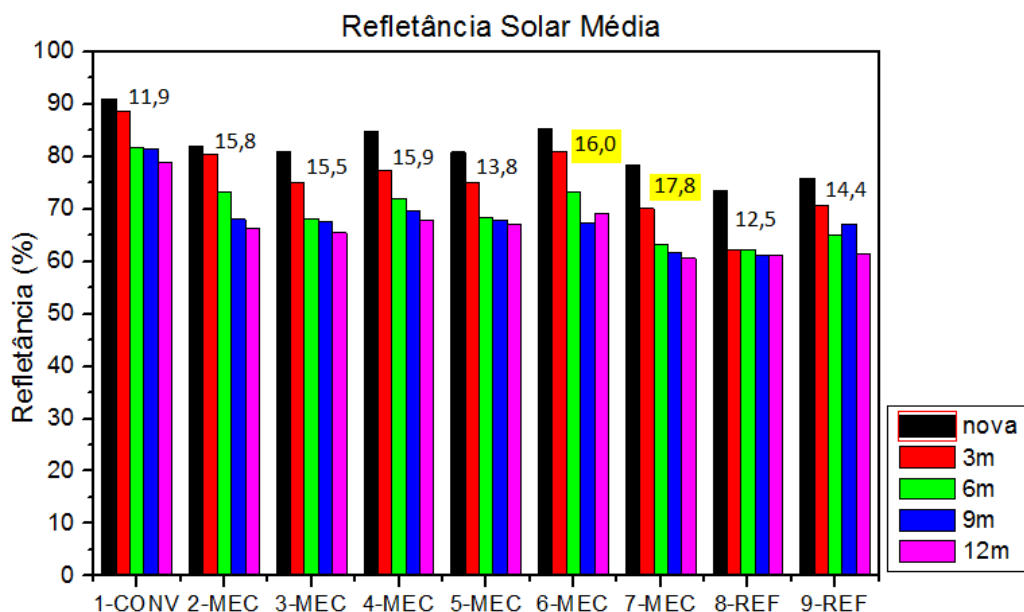
Apesar da rugosidade das tintas não ter sido avaliada nesta pesquisa, e com a confecção das amostras da forma mais homogênea possível, as características de produção industrial de algumas delas fazem com que a superfície pintada se torne mais rugosa em relação às outras tintas (caso das tintas T6-MEC e T7-MEC citadas anteriormente). Esta rugosidade não foi medida nesta pesquisa, porém foi observada e detectada visualmente, como registro fotográfico apresentado na Figura 8, e deve ser considerada na discussão dos resultados aqui apresentados.

Quadro 1 – Refletâncias médias (VIS e TOTAL) das tintas expostas ao intemperismo natural quando novas e após 3, 6, 9 e 12 meses de exposição.

Sigla	Refletâncias Médias Ajustadas (%)									
	NOVA		3 MESES		6 MESES		9 MESES		12 MESES	
	VIS	Total	VIS	Total	VIS	Total	VIS	Total	VIS	Total
T1-CONV	93,7	91,0	90,0	88,6	82,6	81,7	82,0	81,6	78,5	79,0
T2-MEC	86,3	82,1	83,4	80,4	75,3	73,3	68,3	68,1	66,1	66,3
T3-MEC	84,9	81,0	76,8	75,1	69,2	68,2	67,9	67,5	65,4	65,5
T4-MEC	89,8	84,8	80,1	77,4	73,9	72,0	70,8	69,8	68,2	68,0
T5-MEC	85,2	80,9	77,7	75,2	69,3	68,3	67,8	68,0	67,1	67,1
T6-MEC	87,8	85,3	81,4	81,0	72,5	73,3	64,1	67,3	67,2	68,9
T7-MEC	82,8	78,4	72,2	70,1	64,0	63,3	61,0	61,6	59,8	60,6
T8-REF	77,4	73,6	63,8	62,3	62,5	62,3	60,4	61,1	60,2	61,1
T9-REF	80,5	75,9	73,3	70,8	66,3	65,0	68,5	67,2	61,1	61,5

Fonte: O autor.

Figura 7 – Alterações na refletância solar após 3, 6, 9 e 12 meses de exposição.



Fonte: O autor.

Figura 8 – Amostra T7-MEC inicial (esquerda) e após 12 meses (direita) de exposição ao intemperismo natural.



Fonte: O autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, foi investigado o impacto que a exposição ao intemperismo natural de amostras de tintas causa sobre as refletâncias iniciais das mesmas. Após a medição da refletância solar das tintas antes da exposição e periodicamente a cada três meses, observou-se que para todas as amostras houve uma redução significativa da refletância espectral inicial das tintas após a exposição ao tempo por 1 ano, o que comprova os efeitos da deposição de detritos presentes na atmosfera sobre a superfície das coberturas.

A tinta branca convencional teve a menor redução em sua refletância solar (aproximadamente 11,9%). Já as tintas com microesferas cerâmicas em média tiveram uma redução de 15,8% em suas refletâncias solares, enquanto as tintas refletivas a redução média foi de aproximadamente 13,5%.

Em algumas tintas, a redução da refletância espectral foi menos significativa do que em outras, podendo ser resultado da menor facilidade de aderência da sujeira sobre a película de tinta, ou sua capacidade de limpeza com a incidência de chuvas, por exemplo ao longo do ano. A rugosidade superficial também é fator importante responsável pelo acúmulo de sujeira sobre a superfície pintada, como observado com a tinta T7-MEC, que contém microesferas cerâmicas em sua composição, apesar da rugosidade não ter sido caracterizada quantitativamente neste estudo.

Os resultados desta pesquisa ressaltam a importância do desenvolvimento de tintas e revestimentos que mantenham sua capacidade refletiva ao longo do tempo, seja através da dificuldade da aderência de sujeira em sua superfície, ou através de limpeza periódica (ou repintura) de coberturas expostas ao sol, com o objetivo de restabelecer a refletância inicial das mesmas, ou ao menos de recuperar parte da refletância inicial da tinta. Um tempo maior de exposição das amostras seria importante para um estudo mais aprofundado sobre durabilidade e manutenção da refletância das tintas para cobertura ao longo do tempo. Neste caso, seria possível que a tinta branca convencional apresentasse desgaste maior que as tintas com microesferas cerâmicas, por exemplo, e assim o percentual de redução da refletância solar da tinta convencional seria superior ao observado nesta pesquisa, no período avaliado.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio recebido. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Processo nº 2014/16362-1, pelo apoio na divulgação da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AKBARI, H. ; BERHE, A. A. ; LEVINSON, R. ; GRAVELINE, S. ; FOLEY, K. Aging and weathering of cool roofing membranes. **Report LBNL-58055**. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2005.
- AKBARI, H.; POMERANTZ, M.; TAHA, H. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. **Solar Energy**, v.70, p.295-310, 2001.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **E903-96**: standard test method for solar absorptance, reflectance, and transmittance of materials using integrating spheres. ASTM International, 1996.
- _____. **G173-03**: standard tables for reference solar spectral irradiances - direct normal and hemispherical on 37° tilted surface. ASTM International, 2003.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, (ASHRAE). **74-1988**: method of measuring solar-optical properties of materials. Atlanta, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1**: desempenho térmico de edificações - parte 1: definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.
- BERDHAL, P.; BRETZ, S. E. Preliminary survey of the solar reflectance of cool roofing materials. **Energy and Buildings**, v.25, p.149-158, 1997.
- BRETZ, S.; AKBARI, H. Long-term performance of high-albedo roof coatings. **Energy and Buildings**, v.25, p.159-167, 1997.
- DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. 2008. 160p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- DOULOS, L.; SANTAMOURIS, M. LIVADA, I. Passive cooling of outdoor urban spaces: the role of materials. **Solar Energy**, v.77, p.231-249, 2004.
- EPA - US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, US DEPARTMENT OF ENERGY. **Energy Star Reflective Roof Products**. Disponível em:
<http://www.energystar.gov/index.cfm?c=roof_prods.pr_roof_products>. Acesso em: 30 jul. 2009.
- GOMES, R. J. **Condicionamentos climáticos da envolvente dos edifícios para habitação: ensaio de aplicação ao caso da região de Lisboa**. Lisboa: Ministério das Obras Públicas - Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Memórias do LNEC, v.2, 1962.
- LEVINSON, R.; BERDHAL, P.; AKBARI, H. Solar spectral optical properties of pigments - part 1: model for deriving scattering and absorption coefficients from transmittance and reflectance measurements. **Solar Energy Materials & Solar Cells**, n.89, p.319-349, 2005.
- MULHALL, C.; AYNSLEY, R. **Solar absorptance and uninsulated houses in the humid tropics**. In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 16., 1999, Brisbane. Proceedings... Brisbane, 1999.
- SEKER, D. Z.; TAVIL, A. Ü. Evaluation of exterior building surface roughness degrees by photogrammetric methods. **Building and Environment**, v. 31, n. 4, 1996.
- SIMPSON, J. R; McPHERSON, E. G. The effects of roof reflectance modification on cooling loads of scale model residences in Tucson, Arizona. **Energy and Buildings**, v.25, 127-137, 1997.
- SYNNEFA, A.; SANTAMOURIS, M.; LIVADA, I. A study of the thermal performance and of reflective coatings for the urban environment. **Solar Energy**, v.80, p.968-981, 2006.