

IMPACTOS DA EXPOSIÇÃO AO INTEMPERISMO NATURAL SOBRE AS REFLETÂNCIAS DE TINTAS PARA COBERTURA DE EDIFÍCIOS

Kelen Almeida Dornelles⁽¹⁾; Rosana Maria Caram⁽²⁾

(1) Instituto de Arquitetura e Urbanismo USP São Carlos, e-mail: kelend@terra.com.br

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

Resumo

Estudos recentes têm comprovado a eficiência no uso de materiais refletivos no envelope das edificações como alternativa bastante eficaz para minimizar a absorção de calor solar por essas superfícies. Entretanto, um aspecto controverso acerca de coberturas refletivas é a diminuição da refletância ao longo do tempo devido à deposição de sujeira e outros agentes de degradação presentes na atmosfera. Com o objetivo de determinar as alterações da refletância de tintas sujeitas à ação do tempo, amostras de 20 tintas foram expostas ao intemperismo natural e suas refletâncias medidas em espectrofotômetro antes e após três e cinco meses de exposição. A capacidade de manutenção das propriedades refletivas das tintas foi avaliada após submetê-las a um processo de limpeza (enxágüe com água corrente e detergente) simulando-se um processo de limpeza profissional, seguida da medida da refletância das mesmas. Os resultados indicaram que houve diminuição na refletância das amostras após a exposição ao tempo pelo período analisado, e o processo de limpeza possibilitou a recuperação da refletância solar próxima à inicial, para a maioria das amostras. Os resultados da pesquisa sugerem a necessidade de desenvolvimento de tintas que mantenham suas características refletivas ao longo do tempo, sem a necessidade de limpeza periódica das coberturas, aumentando assim o potencial de reflexão da radiação solar por essas superfícies e minimizando os ganhos de calor pelos edifícios.

Palavras-chave: *Tintas, Refletância solar, Intemperismo natural, Coberturas, Desempenho térmico.*

Abstract

Recent studies have confirmed the effectiveness of using cool materials on buildings envelope as an efficient alternative to minimize solar heat absorption by these surfaces. However, a controversial aspect about cool roofs is the solar reflectance decrease due to the dusty deposition and others degradation agents in the atmosphere. With the aim to determine the changing in the reflectance of paints and coatings submitted to weathering conditions, samples of 20 paints were exposed to natural weathering, and their spectral reflectances were measured with a spectrophotometer before and after three and five months of exposure. The ability to maintain the paints reflective properties was evaluated after a cleaning process (washing) intended to simulate an artificial cleaning mechanism, followed by reflectance measurements. The results indicated a decrease in the samples reflectance after weathering exposure for the analyzed period, and the cleaning process allow to restore the solar reflectance near to the initial for most of the samples. The research results suggest the need of developing coatings able to maintain their reflective characteristics along the time, without the need of periodical roof maintenance, increasing the potential of solar radiation reflection by these surfaces, and the decrease of buildings heat gains.

Keywords: *Paints, Solar reflectance, Natural weathering, Roofs, Thermal performance.*

1. INTRODUÇÃO

As tintas são materiais muito utilizados na construção civil devido às suas propriedades estéticas e protetoras. Estudos recentes desenvolvidos nos Estados Unidos e Grécia, entre outros países, têm permitido a produção de tintas com propriedades refletivas, através da inserção de pigmentos e outros componentes altamente refletivos. Estas tintas apresentam comportamento seletivo para a reflexão e absorção da radiação solar, em função dos diferentes comprimentos de onda do espectro solar. 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 (BRENTZ; 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. A maior redução de refletância, em torno de 20%, ocorre no primeiro ano. Após o segundo ano, os decréscimos passam a ser pequenos, reduzindo entre 10 e 20% a economia originalmente estimada de energia pelo uso da alta refletância. A lavagem periódica das superfícies pintadas pode restabelecer entre 90 e 100% da refletância original. Em publicação mais recente, Akbari et al. (2005) compararam os efeitos da idade 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.

Até o momento, não há estudos finalizados publicados no Brasil a respeito dos impactos da exposição ao tempo sobre a refletância de tintas aplicadas em coberturas de edifícios. Estudos em andamento no Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP) têm indicado que as tintas brancas disponíveis no mercado brasileiro para pintura de telhados podem ser mais prejudiciais do que benéficas para minimizar a absorção de calor e, consequentemente, reduzir o consumo de energia com sistemas de condicionamento artificial em edifícios. Isso porque as tintas imobiliárias comuns, à base de água, são muito suscetíveis à colonização por fungos filamentosos, conhecidos como mofo ou bolor, assim como algas e bactérias, que causam o escurecimento de telhados (AGÊNCIA FAPESP, 2011). Com isso, a manutenção da refletância solar inicial da pintura é prejudicada com o passar do tempo, afetando diretamente o potencial de reflexão das tintas brancas aplicadas sobre coberturas.

Figueiredo (2007) analisou alterações da refletância para diferentes cores de tintas expostas às intempéries ao longo de 24 meses na cidade de Campinas-SP. Os resultados comprovaram que as cores claras apresentaram as maiores refletâncias iniciais e com o decorrer do tempo essas refletâncias foram diminuindo. Em relação às cores escuras, com o decorrer do tempo estas tiveram suas refletâncias aumentadas quando comparadas aos valores obtidos inicialmente. Considerou-se que o efeito da sujeira acumulada ao longo do período de ensaios tenha sido menor que o efeito do desbotamento das cores escuras, a ponto deste último

superar o efeito da sujeira acumulada. No entanto, cabe ressaltar que na pesquisa realizada por Figueiredo (2007), as tintas foram aplicadas em superfície vertical, pintadas sobre uma parede de orientação Norte. Por isso a maior influência do desbotamento do que do acúmulo de sujeira, pois a verticalização impediu o depósito de pó e/ou fuligem.

Com o objetivo de determinar e analisar as alterações da refletância de tintas sujeitas à ação do tempo, e identificar o quanto a exposição ao intemperismo natural de coberturas pintadas modifica sua capacidade refletiva ao longo do tempo, amostras de diferentes tintas foram expostas aos agentes atmosféricos e suas refletâncias foram medidas em espectrofotômetro após três e cinco meses respectivamente. A partir dos resultados obtidos com esta pesquisa, pretende-se destacar a necessidade de se restabelecer a refletância inicial das coberturas, ou recuperar parte da refletância inicial das mesmas. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento de materiais resistentes à ação de degradação causada pela exposição ao intemperismo natural aumenta a vida útil dos sistemas de cobertura, diminuindo custos com manutenção periódica.

2. MATERIAIS E MÉTODO DE MEDIÇÃO

2.1. Amostras de tintas analisadas

As tintas avaliadas foram selecionadas a partir de um grupo de 41 amostras estudadas em pesquisa realizada por Dornelles (2012). As amostras, todas do tipo acrílica, foram numeradas de T1 a T41, seguidas da seguinte legenda: CONV: tinta convencional acrílica; MEC: tinta branca com microesferas cerâmicas; REF: tinta refletiva. Do total das 41 tintas, foram selecionadas 4 tintas brancas (1 convencional e 3 com microesferas cerâmicas), 11 tintas coloridas convencionais e 5 tintas coloridas refletivas, totalizando 20 amostras.

Figura 1 – Amostras de tintas expostas ao intemperismo natural



As amostras foram produzidas em pastilhas cerâmicas de dimensões 5x5 cm, pintadas com uma demão de tinta cinza claro como fundo, seguida de três demãos 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 2), permanecendo totalmente expostas às condições climáticas durante o período de 5 meses. A posição sobre o protótipo foi escolhida para maximizar a exposição à radiação solar, sem interferência de sombra de árvores e prédios vizinhos.

Figura 2 – Amostras expostas ao intemperismo natural sobre protótipo em canteiro do LCC- IAU/USP.



(a) Protótipo no canteiro experimental.



(b) Amostras aderidas em placa sobre protótipo

O período de exposição das amostras foi de novembro de 2011 a abril de 2012, com medidas das refletâncias respectivamente nos seguintes períodos:

- Inicial: novembro de 2011;
- Após três meses: fevereiro de 2012;
- Após cinco meses (final): março de 2012.

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

2.2. Medições em espectrofotômetro

Para as medições de refletância espectral das tintas foi utilizado o espectrofotômetro modelo CARY 5G, do fabricante Varian, pertencente ao Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica da Universidade Federal de São Carlos. As amostras foram ensaiadas a cada 1nm, no intervalo de 300 a 2500 nm, o qual foi subdividido em três, caracterizando as regiões do ultravioleta (300 a 380 nm), visível (380 a 780 nm) e infravermelho (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).

2.3. Manutenção das propriedades refletivas

Além da medição da refletância das amostras após a exposição ao tempo e com os efeitos da deposição de sujeira na superfície, foi avaliada a capacidade de manutenção das propriedades refletivas das tintas, após submetê-las a um processo de limpeza com água corrente e detergente, e posteriormente secas ao ar, naturalmente. Este processo de limpeza simula uma limpeza profissional realizada por empresa especializada e o detergente utilizado apresenta concentração conhecida (detergente de cozinha convencional, livre de fosfato). A limpeza foi realizada com o auxílio de uma escova, até a remoção máxima possível da sujeira acumulada na superfície da amostra. Após este processo e posterior secagem das amostras, suas refletâncias espectrais foram medidas em espectrofotômetro, e as curvas de refletância comparadas com as curvas espectrais de refletâncias das amostras novas, expostas por três meses e cinco meses, respectivamente.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 3 a 12 são apresentadas as curvas espetrais de refletância das amostras nos quatro estados (após 5 meses, após 3 meses, lavada e nova). Os resultados indicaram que para todas as amostras expostas ao tempo houve uma redução da refletância espectral inicial das tintas após 3 e 5 meses. Esta redução foi mais significativa para as tintas de cores claras (brancas, pérola e champagne), mas também ocorreu em tintas de cores mais escuras, como Cerâmica Telha refletiva (T19), Azul França (T21), Azul Bali (T26), Amarelo Antigo (T23) e Amarelo Terra (T24). Nas cores de tonalidade mais escura, o maior impacto foi na região do infravermelho, sem alteração expressiva na faixa visível. Este comportamento é devido, sobretudo, às características da sujeira depositada sobre as amostras (pó, principalmente).

Quando as amostras foram submetidas ao processo de limpeza, tiveram suas refletâncias parcialmente restabelecidas, próximas à refletância inicial que apresentavam antes da exposição ao intemperismo natural. A limpeza torna-se mais ou menos eficiente também em função da composição química das tintas (quantidade de resina e pigmentos, por exemplo), da resistência das mesmas à ação da água e aderência de sujeira e fuligem à superfície pintada. Estes resultados enfatizam a importância do processo de limpeza periódica (ou repintura) de coberturas, com o objetivo de restabelecer a refletância inicial das mesmas, ou ao menos de recuperar parte da refletância inicial da tinta. Este processo é particularmente importante para o caso de tintas brancas ou de tonalidades mais claras, que têm suas refletâncias afetadas mais significativamente pela deposição de pó.

Figura 3 – Curvas de refletância das tintas brancas T1 e T2 submetidas ao intemperismo natural.

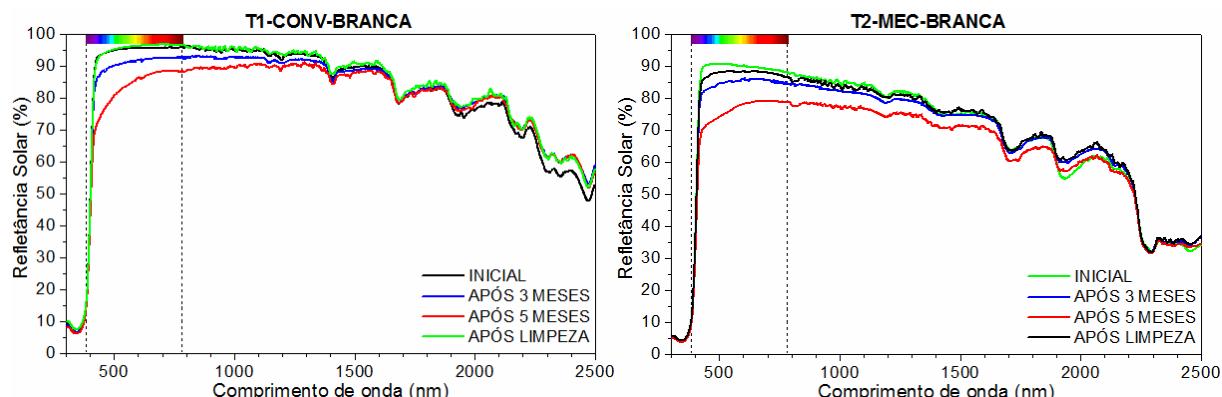


Figura 4 – Curvas de refletância das tintas brancas T4 e T5 submetidas ao intemperismo natural.

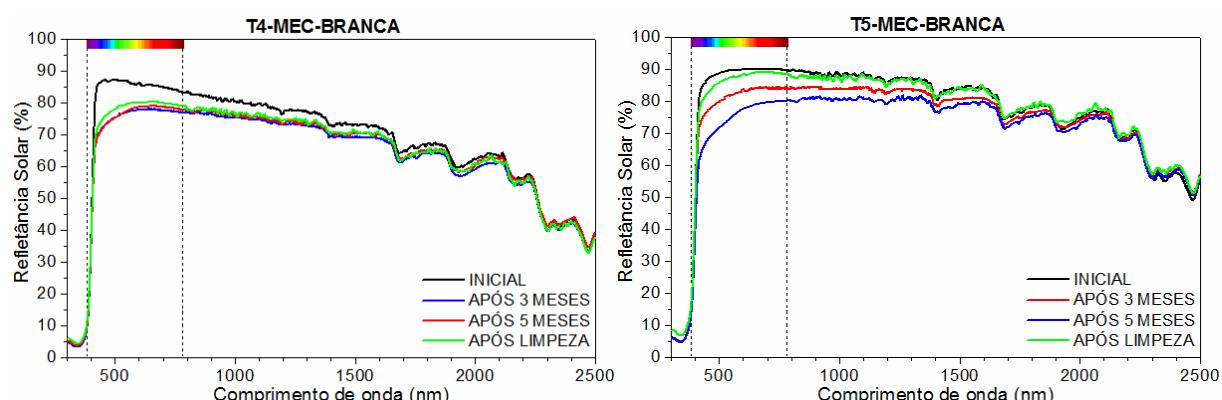


Figura 5 – Curvas de refletância das tintas Cerâmica Ônix T9 e T10 submetidas ao intemperismo natural.

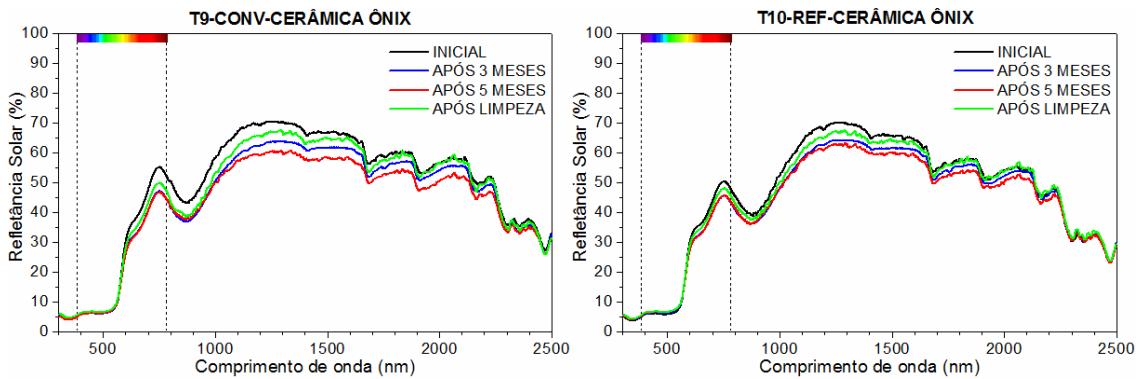


Figura 6 – Curvas de refletância das tintas Pérola T14 e T17 submetidas ao intemperismo natural.

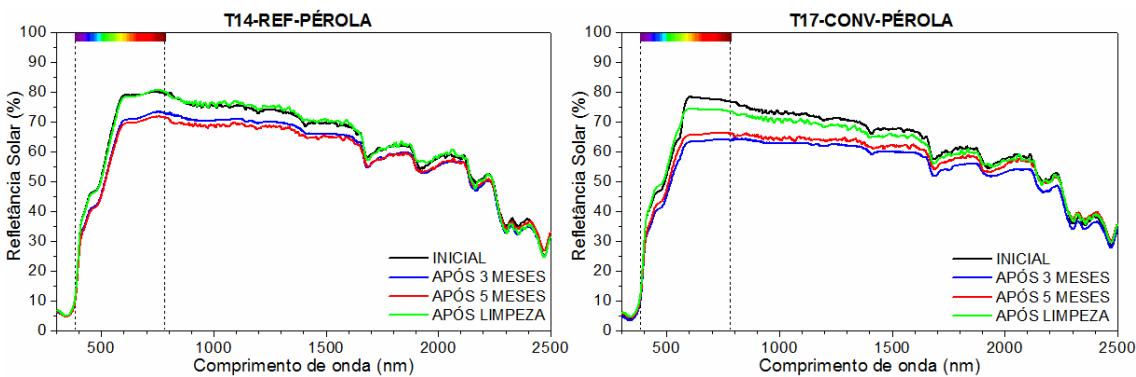


Figura 7 – Curvas de refletância das tintas Champagne T16 e T18 submetidas ao intemperismo natural.

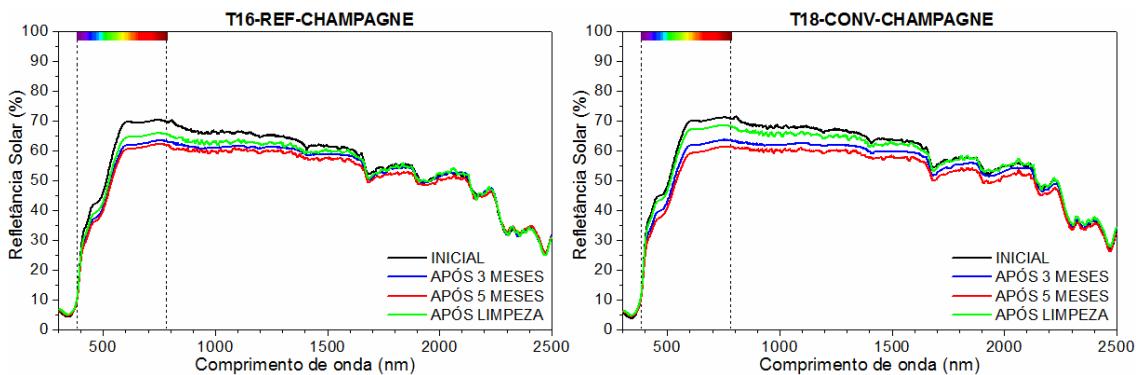


Figura 8 – Curvas de refletância das tintas Cerâmica Telha T19 e Vermelho Óxido T20.

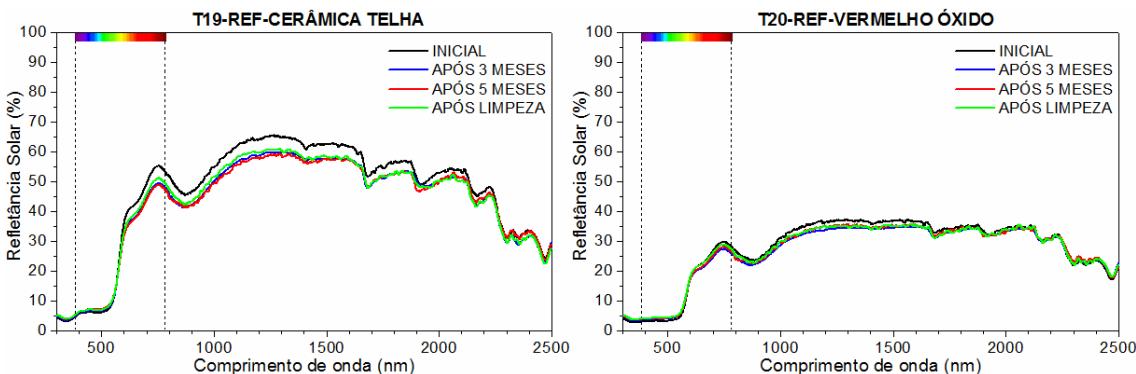


Figura 9 – Curvas de refletância das tintas Azul França T21 e Azul Bali T26.

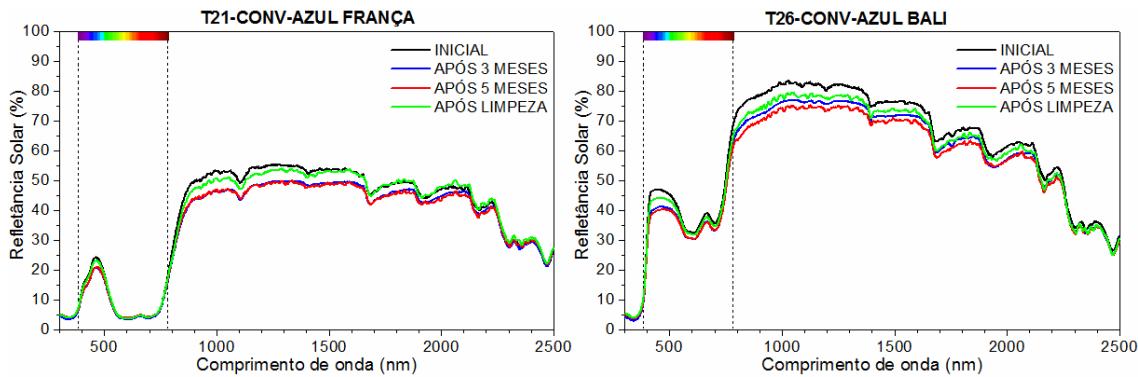


Figura 10 – Curvas de refletância das tintas Verde Quadra T22 e Crepúsculo T25.

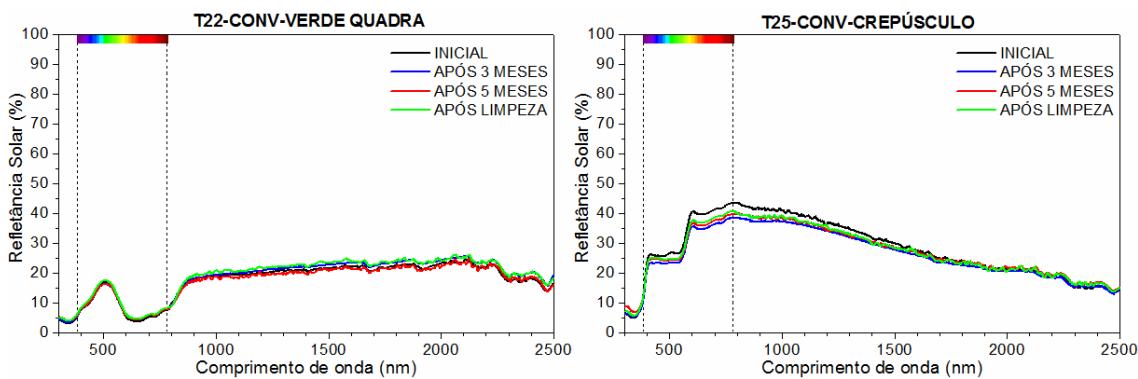


Figura 11 – Curvas de refletância das tintas Amarelo Antigo T23 e Amarelo Terra T24.

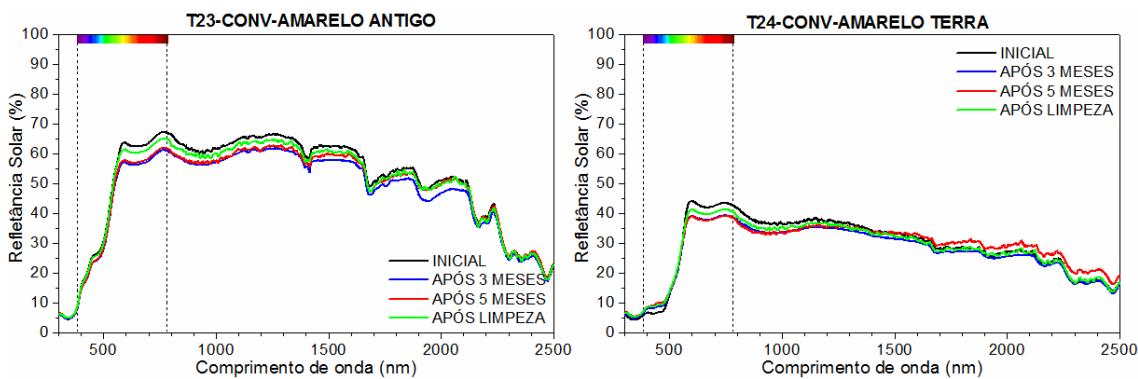
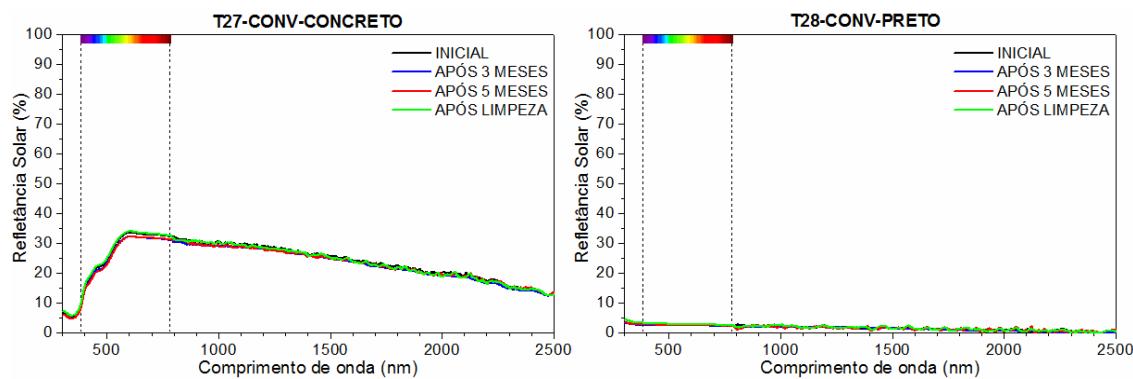


Figura 12 – Curvas de refletância das tintas Concreto T27 e Preto T28 submetidas ao intemperismo natural.



No Quadro 1 são apresentadas as refletâncias médias para a região visível e espectro solar total, cujos valores já estão ajustados ao espectro solar padrão definido pela ASTM (2003), conforme método apresentado por Dornelles (2008).

Quadro 1 – Refletâncias médias (VIS e TOTAL) das tintas expostas ao intemperismo natural em quatro estados: novas, lavadas, após 3 meses e após 5 meses de exposição

Sigla/Tipo de tinta	Cor das amostras	REFLETÂNCIAS AJUSTADAS (%)								
		Nova		3 meses		5 meses		Lavada		
		VIS	TOTAL	VIS	TOTAL	VIS	TOTAL	VIS	TOTAL	
T1-CONV	Branco Neve	[Yellow]	92,7	90,2	88,7	87,4	81,7	82,6	93,2	90,9
T2-MEC	Branca	[Light Gray]	87,2	82,0	82,4	78,6	74,3	72,3	85,3	80,8
T4-MEC	Branca	[Yellow]	83,4	78,6	74,2	71,7	74,8	72,4	76,6	73,6
T5-MEC	Branca	[Yellow]	87,0	84,5	79,9	79,1	73,6	74,5	85,0	83,2
T9-CONV	Cerâmica Ônix	[Red]	24,9	39,1	21,8	34,6	21,7	33,9	23,2	36,4
T10-REF	Cerâmica Ônix	[Dark Red]	23,4	36,8	21,8	34,1	21,9	33,9	22,9	35,6
T14-REF	Pérola	[Brown]	65,9	67,3	59,1	61,8	58,2	60,6	65,5	67,4
T16-REF	Champagne	[Brown]	58,4	59,5	52,2	54,3	51,0	53,1	54,3	56,1
T17-CONV	Pérola	[Brown]	64,8	65,8	54,3	56,2	56,6	58,2	63,8	64,3
T18-CONV	Champagne	[Brown]	59,7	61,0	53,0	55,2	50,7	53,1	57,4	59,0
T19-REF	Cerâmica telha	[Orange]	26,7	39,0	24,6	35,8	24,6	35,6	25,4	36,6
T20-REF	Vermelho óxido	[Dark Orange]	14,0	21,5	13,5	20,4	13,9	20,8	14,4	21,2
T21-CONV	Azul França	[Blue]	10,0	26,8	9,1	24,1	9,4	24,3	9,9	26,0
T22-CONV	Verde Quadra	[Green]	9,1	13,2	9,3	13,6	9,3	13,1	9,9	14,2
T23-CONV	Amarelo Antigo	[Yellow]	49,3	53,6	44,8	49,2	45,4	49,9	48,0	52,1
T24-CONV	Amarelo Terra	[Mustard]	29,3	31,6	27,3	29,4	27,5	29,8	28,7	30,6
T25-CONV	Crepúsculo	[Brown]	33,7	34,3	29,8	30,8	30,9	31,9	31,6	32,3
T26-CONV	Azul Bali	[Blue]	40,6	55,8	36,9	51,4	36,6	50,3	39,0	53,3
T27-CONV	Concreto	[Grey]	28,8	28,0	27,7	27,0	27,5	27,0	29,2	28,1
T28-CONV	Preto	[Black]	2,5	2,2	2,4	2,2	2,5	2,2	2,9	2,5

Akbari et al. (2005) apresentam resultados experimentais de absorção espectral de superfícies com deposições de sujeira e poluição acumuladas sobre coberturas, onde maior parte da absorção é atribuída à fuligem de carbono produzida por combustão. A sujeira absorve mais em curtos comprimentos de onda como, por exemplo, na faixa relativa ao azul, ao invés do vermelho ou infravermelho. Segundo os autores, alterações na refletância solar após longo tempo de exposição às intempéries e aos poluentes parecem ser determinadas pela habilidade da fuligem em aderir à cobertura, resistindo à ação da chuva. Ainda segundo os autores, a degradação dos materiais de cobertura é devida principalmente pela ocorrência de três processos: (1) alterações graduais na composição química e física induzida pela absorção de radiação ultravioleta; (2) envelhecimento e desgaste (por exemplo, perda da plasticidade em polímeros e componentes de baixo peso molecular em asfalto), o que pode ser acelerado com o aumento da temperatura; e (3) ciclo térmico diurno, o que força o material por expansão e contração. A freqüência e intensidade de precipitações e a inclinação do telhado também afetam a refletância das superfícies de coberturas. Assim como ocorre com outras superfícies brancas, pinturas brancas ou de cores claras desbotam e escurecem levemente após diversos anos de exposição. Por este motivo, sistemas de certificação de coberturas refletivas adotam dois valores de refletância para representar o desempenho de tintas novas e envelhecidas após três anos de exposição às intempéries. Para manter a refletância das pinturas, os telhados devem receber nova camada de tinta e a freqüência desta aplicação dependerá do tipo de tinta,

tipo de cobertura, o objetivo da pintura e das diferenças climáticas regionais existentes. Para pinturas de cor branca, os fabricantes recomendam a repintura a cada três a sete anos (ROOF COATINGS MANUFACTURERS ASSOCIATION, 2005).

4. CONCLUSÕES

O principal objetivo desta pesquisa foi identificar o quanto a exposição de coberturas pintadas ao intemperismo natural modifica sua capacidade refletiva ao longo do tempo. Os resultados indicaram que houve uma redução da refletância espectral inicial das tintas após 3 e 5 meses. Esta redução foi mais significativa para as tintas de cores claras, mas também ocorreu em tintas de cores mais escuras. Nestas, o maior impacto foi na região do infravermelho, sem alteração expressiva na faixa visível. No caso das amostras submetidas ao processo de limpeza, suas refletâncias foram parcialmente restabelecidas próximas à refletância inicial que apresentavam antes da exposição ao intemperismo natural. Estes resultados ressaltam a importância do processo 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 se faz necessário para um estudo mais aprofundado sobre durabilidade e manutenção da refletância das tintas para cobertura ao longo do tempo, o que será realizado em próximas etapas.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA FAPESP. **Teto de vidro**. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/13835>. Acesso em: 06 maio 2011.
- 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.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **G173-03**: standard tables for reference solar spectral irradiances - direct normal and hemispherical on 37° tilted surface. ASTM International, 2003.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **E903-96**. Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. (ASHRAE). **74-1988**: method of measuring solar-optical properties of materials. Atlanta, 1988.
- 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.
- DORNELLES, K. A. **Comportamento espectral de tintas seletivas produzidas no Brasil para pintura de telhados e sua influência sobre o desempenho térmico e energético de edificações**. Relatório de pesquisa de Pós-Doutorado. Instituto de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. 2012.
- FIGUEIREDO, E. S. **Medidas de refletância de cores de tintas para pintura externa exposta ao tempo**. Dissertação (Mestrado) - FEC, UNICAMP, Campinas, 2007.
- 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.
- ROOF COATINGS MANUFACTURERS ASSOCIATION. **Overview of white coatings and their application**. Technical Note. 2005. Disponível em: <http://www.roofcoatings.org/pdf/tn06.pdf>.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa.