

# A EFICÁCIA DA ADIÇÃO DO TiO<sub>2</sub> EM ARGAMASSAS QUANTO À MANUTENÇÃO DAS CONDIÇÕES INICIAIS EM TERMOS DA SUA REFLETÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR<sup>1</sup>

DANTAS, Sérgio Roberto Andrade (1); VITTORINO, Fúlvio (2)

(1) IPT, e-mail: sergiorobe@me.com; (2) IPT, e-mail: fulviov@ipt.br

## RESUMO

O contato das fachadas com agentes de degradação e a incidência direta da radiação ultravioleta sobre os revestimentos externos, os tornam mais opacos com o passar do tempo, perdendo consideravelmente sua refletância. O estudo objetivou avaliar a possibilidade do uso de argamassas contendo TiO<sub>2</sub> em fachadas, buscando manter suas características iniciais de alta reflexão com baixa manutenção e sua possível utilização em substituição às repinturas destas envoltórias. Para isto foram produzidas argamassas contendo diferentes concentrações de TiO<sub>2</sub> (1%, 5%, 10%) expressas em relação ao total da pré-mistura seca, adicionadas em forma de pó e comparadas com argamassas com 0% de TiO<sub>2</sub> com e sem o uso da pintura branca em suas superfícies. Expostas durante 16 meses as condições climáticas da cidade de São Paulo, os resultados demonstraram que as argamassas que melhor apresentaram desempenho quanto a manutenção de sua refletância foram as argamassas pintadas. Em relação às concentrações de TiO<sub>2</sub>, os diferentes teores apresentaram uma mudança pouco significativa entre as mesmas. As argamassas que delinearam melhor desempenho quanto à auto-limpeza foram as que continham 5% de TiO<sub>2</sub>. Já as argamassas com 10% tiveram resultados menos eficientes com o aumento na dosagem do material.

**Palavras-chave:** Argamassas autolimpantes. Refletância à radiação solar. Fotocatálise heterogênea.

## ABSTRACT

The contact of facades with degradation agents and the direct incidence of ultraviolet radiation on the outer coating make these more opaque over the time losing, considerably, its reflectance. The study aimed to evaluate the possibility of using mortars containing TiO<sub>2</sub> in facades aiming to keep its initial high reflectivity characteristics along with its low maintenance requirement. Besides, this study also approaches the possibility of using the TiO<sub>2</sub> enriched mortars as an alternative for the above mentioned envelope repaintings. This study was performed using self-produced mortars containing different concentrations of TiO<sub>2</sub> (1%, 5%, 10% calculations based on the total dry premix), added, as powder, to the mix and compared with mortars containing 0% of TiO<sub>2</sub>, with or without using white painting on its surfaces. Exposed for 16 months to climatic conditions of São Paulo, regarding the maintenance of reflectance, the results showed that White-painted mortars presented the best performance. With respect to TiO<sub>2</sub> concentrations, it was observed a slight change

<sup>1</sup> DANTAS, Sérgio Roberto Andrade; VITTORINO, Fúlvio. A eficácia da adição do TiO<sub>2</sub> em argamassas quanto à manutenção das condições iniciais em termos da sua refletância à radiação solar. 2016. 137 f. Dissertação (Mestrado Profissional) - Curso de Habitação: Planejamento, Gestão e Projeto, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, São Paulo, 2016.

*between each other. The mortar which showed the best performance regarding self-efficient results with the increase to the material.*

**Keywords:** Mortars self-cleaning. Solar radiation Reflectivity. Heterogeneous photocatalysis.

## 1 INTRODUÇÃO

Descoloração e surgimento de manchas, desgaste acelerado, incrustações devido à presença de partículas de fuligem e a corrosão ou erosão causada por ácidos, são alguns dos problemas ocasionados pelo acúmulo de poluentes sobre as envoltórias dos edifícios. Com o constante contato destas envoltórias com estes agentes de degradação e a incidência direta da radiação ultravioleta sobre as mesmas, os revestimentos tendem a se tornarem mais opacos com o passar do tempo, perdendo, consideravelmente sua refletância. Segundo autores como Seker e Tavil (1996), Santamouris et al. (2011) e Alchapar et al. (2012), o ganho de calor através de superfícies opacas, em razão da radiação solar, exerce grande influência nas condições de conforto térmico do ambiente interno. De acordo com Pérez-Lombard et al. (2007), com a consolidação da demanda por conforto térmico, sistemas de climatização artificial (e seu consumo de energia associado) tornaram-se um bem inevitável, sendo responsável por quase metade da energia consumida nos edifícios, e por cerca de 10% - 20% do consumo total de energia nos países desenvolvidos.

Para Santamouris et al. (2011), os materiais utilizados nas fachadas, assim como na infraestrutura urbana, desempenham um papel importante no balanço térmico de uma cidade, onde a incorporação de revestimentos com alta refletividade resulta em uma técnica passiva eficiente na diminuição da demanda por energia elétrica no acondicionamento térmico dos ambientes. Alchapar et al. (2012) apontam que se materiais com alta refletividade forem aplicados nas fachadas das edificações, isto se traduziria em uma diminuição das cargas térmicas para o interior das mesmas.

Logo, a busca tanto por novos materiais de construção, quanto por novas tecnologias que possibilitem a maior durabilidade dos revestimentos e que visem minimizar não somente o efeito da poluição sobre os mesmos, mas que também auxiliem no controle térmico das edificações, sem que demandem grandes intervenções em termos de manutenção das fachadas, é o objetivo a ser alcançado. Neste aspecto, o uso da denominada “oxidação fotocatalítica avançada”, utilizando-se de semicondutores como o dióxido de titânio ( $TiO_2$ ) como catalisadores do processo, capazes de conseguirem a auto-limpeza destas superfícies, podem oferecer uma solução para este problema, não só por concederem uma maior durabilidade às envoltórias das construções, uma vez que o esperado de tal produto é que mantenha estas fachadas “intactas” por mais tempo, mas por economizar muito tempo e dinheiro com limpezas e restaurações, principalmente em edifícios muito altos, onde essa manutenção pode ser muito difícil e de valor elevado.

O dióxido de titânio possui duas formas cristalográficas que podem ser consideradas predominantes: rutilo e anatásio. O rutilo é um mineral

composto quase que essencialmente de TiO<sub>2</sub>, podendo conter até 10% de impurezas e bastante utilizado como opacificante e como pigmento na área de tintas e plásticos. Enquanto o anatásio contém de 98,4 a 99,8% de TiO<sub>2</sub>, e por isto, o mais investigado e utilizado para a fotocatálise, principalmente porque possui maior bandgap e maior atividade fotocatalítica.

Estudos como os realizados por Poon e Cheung (2007), Chen e Poon (2009), Maranhão (2009); Pereira et al. (2010) e Melo (2011), demonstraram que o uso do TiO<sub>2</sub> pode ser eficiente para promover, principalmente, a fotodegradação de alguns compostos orgânicos e inorgânicos presentes na atmosfera urbana e depositados sobre as fachadas dos edifícios. Assim, o uso da fotocatálise heterogênea, tem aberto, também, perspectivas não só nos estudos para a descontaminação do meio ambiente, mas, ainda, para a fabricação dos materiais denominados como autolimpantes, visto que o TiO<sub>2</sub> tem apresentado as duas propriedades quando utilizado.

Para os materiais cimentícios, os estudos encontrados estão em sua maioria direcionados à fotodegradação de poluentes do tipo NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>, quando do uso do TiO<sub>2</sub> na fabricação de blocos de concreto para pavimentação e para a produção de argamassas de revestimento em escala laboratorial, com o intuito de medir a redução de manchas causadas por corantes como o alaranjado de metila, azul de metileno e rhodamina. Porém, um estudo sobre a refletividade das argamassas de revestimento fotocatalíticas, realizado, essencialmente, em condições naturais de exposição à radiação solar, utilizando-se de corpos de provas de grandes dimensões, cujas as concentrações do composto foram adicionadas à mistura em relação ao total da massa seca e sem qualquer tratamento prévio de hidrofugação das superfícies, não foi ainda avaliado e foi o objeto deste trabalho.

## **2 MÉTODO EXPERIMENTAL**

Inicialmente, as argamassas foram divididas em dois tipos conforme sua composição: 1) as argamassas com a adição do TiO<sub>2</sub> e; 2) as argamassas de referência. Para aquelas do tipo 1, foram produzidas três amostras com diferentes concentrações de TiO<sub>2</sub> (1%, 5%, 10%). Para as argamassas tipo 2, foram produzidas duas amostras com 0% de TiO<sub>2</sub>, onde uma permaneceu com seu acabamento inicial, enquanto a outra foi coberta com uma tinta acrílica de marca comercial na cor branco neve. Ambas as amostras foram tomadas como referência para as medições de refletância e nenhuma possuía a presença de hidrofugantes em suas superfícies.

Para a produção das argamassas foram utilizados o Cimento Portland Branco (CPB) não estrutural do tipo 1 e dolomitas. A escolha dos materiais partiu do pressuposto que estudos como Alchapar et al. (2012), têm demonstrado que revestimentos na cor branca registram maior refletância à radiação solar, razão pela qual também não foram adicionados pigmentos coloridos à mistura. As amostras produzidas foram classificadas em cinco tipos (A; B; C; D; E) e aplicadas sobre um total de vinte corpos de prova,

sendo estes divididos em quatro grupos diferentes (1; 2; 3; 4). A divisão das argamassas deu-se conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Divisão das argamassas

Grupos de estudos	Argamassa <b>A</b> (s/ pintura) 0% TiO <sub>2</sub>	Argamassa <b>B</b> (pintada) 0% TiO <sub>2</sub>	Argamassa <b>C</b> (s/pintura) 1% TiO <sub>2</sub>	Argamassa <b>D</b> (s/pintura) 5% TiO <sub>2</sub>	Argamassa <b>E</b> (s/pintura) 10% TiO <sub>2</sub>
01*	A1	B1	C1	D1	E1
02*	A2	B2	C2	D2	E2
03*	A3	B3	C3	D3	E3
04**	A4	B4	C4	D4	E4

Fonte: Dantas (2015). Legenda: \*Corpos de prova expostos à atmosfera urbana/ \*\*Corpos de prova não expostos à atmosfera urbana, armazenados como referência da cor inicial das argamassas

As concentrações de TiO<sub>2</sub> baseou-se em uma escala dentre os teores apresentados em estudos consultados. Contudo, diferentemente do que aponta a bibliografia revisada, as concentrações adotadas não foram tomadas em relação ao cimento (padrão de comparação muito usado na maioria das pesquisas) e sim em relação ao total da pré-mistura seca. Isto significa dizer que os teores estipulados se relacionam com as demais pesquisas apenas como referência e não deve ser visto como uma comparação direta, uma vez que não foram baseados no mesmo componente da mistura, ou seja, o cimento. Assim, a escolha do primeiro teor (1% em relação a massa total da pré-mistura seca) permite uma comparação com os resultados dos trabalhos realizados nos teores de 5% da massa de cimento, conforme apresentados por alguns trabalhos, sendo os dois outros, extrapolações para se analisar o fortíssimo incremento do TiO<sub>2</sub>, uma vez que poucas pesquisas chegaram a testar concentrações mais altas que 8% de TiO<sub>2</sub> em relação à massa de cimento.

Quanto ao tipo do TiO<sub>2</sub>, adotou-se uma amostra comercial com escala nanométrica, aglomerado de tamanho médio:  $\approx 1.1\mu\text{m}$  e considerada 100% anatásio, recomendada por sua usual aplicação em processos photocatalíticos. Os componentes utilizados na preparação das argamassas são descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Proporção (em massa) dos componentes da mistura em relação ao cimento, exceção feita à água, que se refere à proporção em relação ao total da mistura e ao TiO<sub>2</sub>, que é dado conforme a legenda abaixo

Componentes da mistura	Argamassa <b>A</b> (s/ pintura) 0% TiO <sub>2</sub>	Argamassa <b>B</b> (pintada) 0% TiO <sub>2</sub>	Argamassa <b>C</b> (s/pintura) 1% TiO <sub>2</sub>	Argamassa <b>D</b> (s/pintura) 5% TiO <sub>2</sub>	Argamassa <b>E</b> (s/pintura) 10% TiO <sub>2</sub>
CP tipo I branco	1	1	1	1	1
Dolomita # 20	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56

Dolomita # 40	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17
Dolomita # 80	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Retentor água	0,0056	0,0056	0,0056	0,0058	0,0061
Incorporador ar	0,00044	0,00044	0,00045	0,00047	0,00049
Água	0,89	0,89	0,91	1,09	1,25
TiO <sub>2</sub> *	Não adicionado	Não adicionado	5,56%	27,78%	55,56%
TiO <sub>2</sub> **	Não adicionado	Não adicionado	1%	5%	10%

Fonte: Dantas (2015). Legenda: \*Proporção de TiO<sub>2</sub> em relação ao cimento / \*\*Proporção de TiO<sub>2</sub> em relação ao total da pré-mistura seca (Cimento+Dolomitas)

As argamassas foram aplicadas com desempenadeira lisa sobre uma base de concreto, com dimensões de 1,20m por 1,20m, considerando manter sua espessura em, no máximo, 1cm e com a menor rugosidade possível. O controle da espessura evitava o desperdício do material photocatalítico, uma vez que ocorrendo o processo na camada mais superficial do substrato, não necessitava de uma camada mais espessa. Enquanto uma menor rugosidade buscou conseguir uma maior refletância, pois em estudos como os realizados por Seker e Tavil (1996) superfícies mais rugosas tendem a ter maiores valores de absorções.

Por fim, do total de vinte corpos de prova, quinze foram expostos à atmosfera urbana em campo aberto, na cidade de São Paulo, e voltados para a face Noroeste, a fim de maximizar a exposição à luz solar. Para tanto, adotou-se a inclinação de 33° em relação ao solo, buscando atender aos propósitos: a) maior índice de radiação solar e; b) evitar a estagnação da água da chuva na superfície das amostras, evitando-se assim a proliferação de microorganismos sobre as mesmas. O período de coleta foi de 16 meses, cujas primeiras medições aconteceram em intervalos semanais, passando posteriormente para um intervalo mensal. A Figura 1 mostra a exposição dos corpos de prova.

Figura 1 – Exposição dos corpos de prova, após 16 meses do início das medições

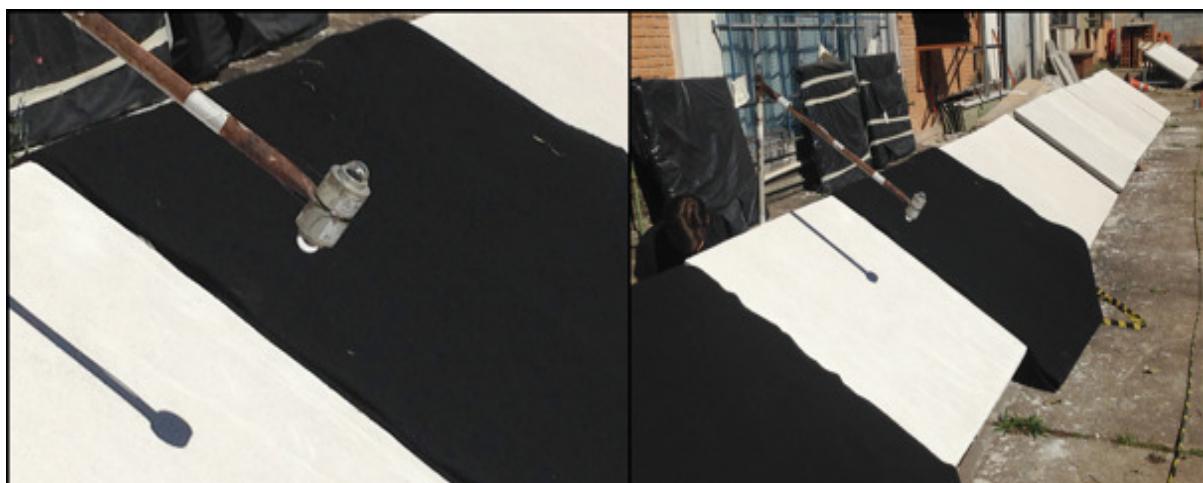


Fonte: Dantas (2015)

Para a determinação da refletância à radiação solar, foi adotado um procedimento de medição baseado nas normas: ASTM E 1918-06 (2015) – "Standard Test Method for Measuring Solar Reflectance of Horizontal and Low-Sloped Surfaces in the Field" e ANSI/ASHRAE 74-1988 – "Method of Measuring Solar-Optical Properties of Materials, procedimento E".

Os dados foram coletados por meio de medições in loco, a partir da fixação de dois piranômetros na ponta de uma haste metálica, sendo um voltado para cima de forma a captar o fluxo de energia solar incidente, e o outro voltado e posicionado paralelamente à superfície do corpo de prova, de forma a captar o fluxo de energia radiante refletido pela superfície. Uma vez posicionados os piranômetros sobre o corpo de prova a ser medido, as superfícies dos corpos de prova adjacentes foram cobertas, de forma a impedir que as energias radiantes refletidas destas superfícies interferissem nos resultados da superfície a ser medida. Após o posicionamento dos piranômetros e sombreamento dos corpos de prova adjacentes, foram feitas medições a cada 1 segundo, totalizando no mínimo 20 leituras. O processo de medição pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Processo de medição de refletância

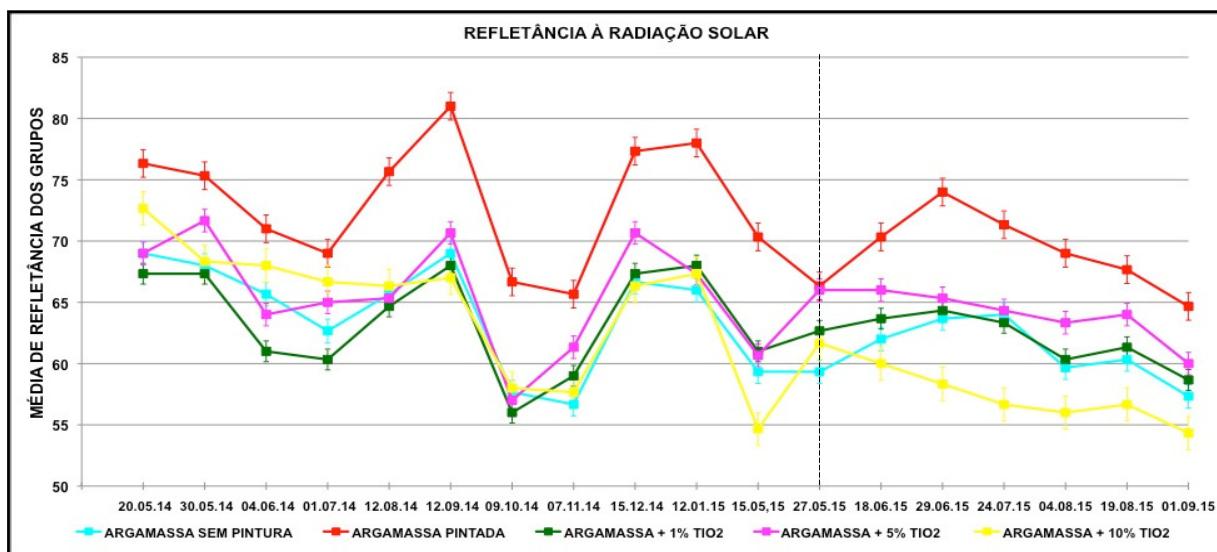


Fonte: Dantas (2014)

### 3 RESULTADOS

O processo gerou um total de 270 medições de refletância, 90 por grupo estudado, 54 por tipo de argamassa, considerando todos os grupos, e 18 medições individuais para cada tipo de argamassa. A avaliação, tanto individual quanto em grupo, dos gráficos de refletância para as argamassas, apresentou resultados que podem ser considerados como semelhantes. Assim, observa-se no Gráfico 1, o resultado da média de refletância de todos os grupos avaliados.

Gráfico 1 – Média de refletância dos grupos



Fonte: Dantas (2015)

Com exceção dos últimos cinco meses de análises, onde as argamassas apresentaram menores taxas de decaimento, indicando uma possível estabilidade nos índices, a observação do gráfico à primeira vista apresenta dois aspectos relevantes: primeiro o destaque obtido pelas argamassas pintadas, na qual mesmo havendo pontos de aproximação com as demais, permanece na maior parte do tempo em um patamar mais elevado; e, em segundo, o “emaranhado” no qual as demais argamassas se apresentam, alternando posições de tal maneira e por diversas vezes, que dificulta qualquer afirmação quanto ao destaque de alguma delas, podendo assim, serem consideradas iguais quanto a refletância à radiação solar.

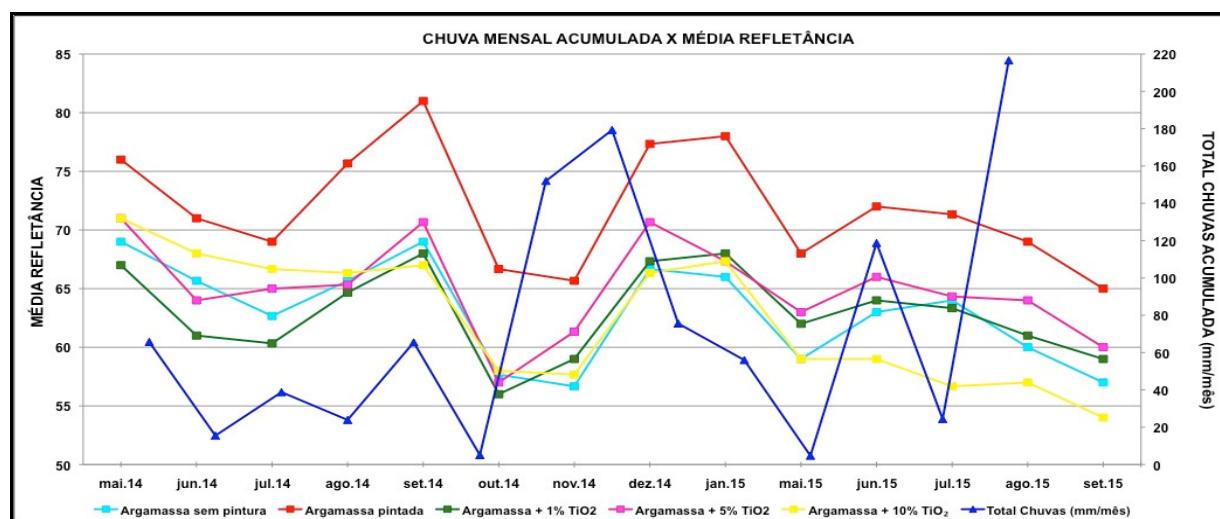
Quando considerados os índices de refletância, era esperado que para as argamassas pintadas na cor branca, houvesse em seu inicio maiores valores em comparação às demais, dado ao fato que a pintura branca foi realizada sobre uma superfície também branca, o que já proporcionaria de imediato uma elevação nestes índices. Por outro lado, embora as argamassas com a adição do TiO<sub>2</sub> (fotocatalíticas) pudesse iniciarem em patamares mais baixos, cogitou-se que dado o processo de fotocatálise, estas argamassas permanecessem, se não estáveis em seus níveis iniciais, ao menos ficasse próximos dos mesmos, ainda que apresentando pequenas flutuações devido aos diferentes teores de TiO<sub>2</sub> testados.

Em direção contrária, para as argamassas com e sem pintura, esperava-se que caíssem em seus níveis de refletância mais rapidamente que as demais, devido ao processo de envelhecimento natural dos materiais, causado pelo acúmulo de sujidades sobre suas superfícies, provocando ao longo do tempo uma inversão nos índices de refletividade medidos inicialmente. Contudo, de acordo com os resultados encontrados no gráfico 1, tal fenômeno não foi observado.

Para as argamassas pintadas, considera-se que tal efeito esteja associado à não degradação do filme resinado da tinta durante os 16 meses de experimento, permitindo assim não só sua permanência em níveis maiores, mas também sua maior limpeza quando lavadas pelas águas das chuvas. Para as argamassas photocatalíticas, a não correspondência da hipótese parece estar associada a baixa ocorrência do processo photocatalítico, que não sendo capaz evitar uma maior impregnação dos corpos de prova, afetou diretamente os índices de refletância medidos. Já em relação as argamassas sem  $TiO_2$  e sem pintura, o comportamento seguiu o padrão de deterioração para superfícies que não recebendo nenhum tipo de tratamento prévio, estão mais sujeitas as ações do tempo.

Outro aspecto observado no gráfico 1, diz respeito a flutuação nos índices indicados. Expondo picos e declínios que parecem estar associados as chuvas, as argamassas exibiram comportamentos não condizentes com a hipótese apontada, principalmente para as argamassas com a presença do  $TiO_2$ . Cruzando as informações do gráfico de refletância com os índices pluviométricos obtidos dos postos de observação do DAEE, para os Prefixos E3-145/CTH (Cidade Universitária) e E3-035/IAG (Observatório da USP) é possível perceber a influência das chuvas nos índices indicados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Chuvas e os índices de refletância

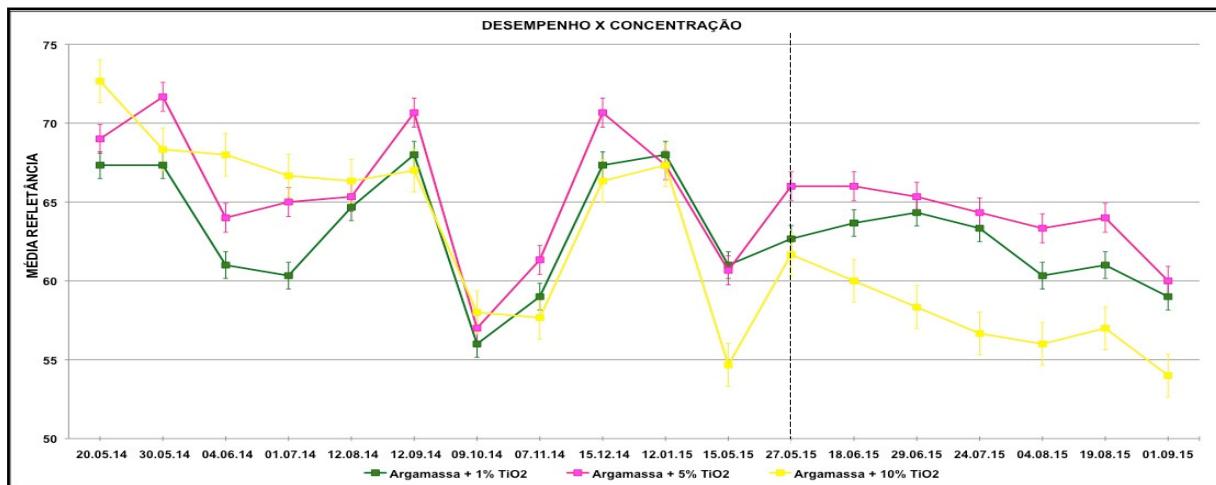


Fonte: Dantas (2015)

Na observação do gráfico 2, verifica-se as variações dos índices de refletância das argamassas nos meses de altos índices pluviométricos, estando os corpos de prova revestidos ou não com argamassas contendo o  $TiO_2$ . Logo, é possível considerar que, no ano de 2014, a falta de chuvas e o aumento da concentração de poluentes na atmosfera, na cidade de São Paulo, sendo que era esperado justamente uma contraposição dos mesmos, contribuiu de maneira significativa com o maior acúmulo de sujidades sobre os corpos de prova, dificultando assim sua limpeza durante os poucos dias de chuvas ocorridos.

Em relação as concentrações de TiO<sub>2</sub> utilizadas, observou-se que, com exceção dos últimos cinco meses do experimento, assim como ocorrido para os índices de refletância, os diferentes teores utilizados demonstraram uma mudança pouco significativa, apresentando patamares de resultados muito próximos, como pode ser observado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Desempenho teores TiO<sub>2</sub>



Fonte: Dntas (2015)

Os resultados também evidenciaram haver uma melhora saindo de 1% até 5% de TiO<sub>2</sub>, melhora esta que desaparece tão logo a dosagem é aumentada para 10%. Considerando as características do processo de fotocatálise, e a “subida” nos resultados de refletância com o aumento da dosagem de 1% para 5%, esperava-se que as argamassas com maiores teores (10%) pudessem apresentar resultados ainda melhores, porém não foi observado tal fenômeno, e sim um efeito contrário, onde seu desempenho voltou a cair, como apresentado no Gráfico 3.

Considerando-se as condições de aplicação e sobretudo as características granulométricas do tipo de TiO<sub>2</sub> utilizado, possivelmente, o motivo desta “descida” nos resultados para as argamassas com 10% de TiO<sub>2</sub>, está associada à baixa concentração do material nas superfícies das argamassas, ocasionado por um problema de dispersão do TiO<sub>2</sub>, que posteriormente, verificou-se haver “ilhas” de TiO<sub>2</sub> e não uma distribuição homogênea na superfície dos corpos de prova.

Portanto, considera-se que o comportamento apresentado pelas argamassas com o teor de 10% esteja associado à um elevado número de partículas relativamente grandes, que provocou um problema de espalhamento do material sobre as superfícies; à presença de uma maior porosidade; uma baixa distribuição dos sítios ativos; uma elevada concentração de componentes inorgânicos em suas superfícies e; à presença de aglomerados de TiO<sub>2</sub> em determinadas partes da argamassa.

Como a refletância à radiação solar, normalmente, apresenta maiores índices em superfície mais lisas, acredita-se que para as argamassas do tipo A; C; D; e E, os índices de refletância encontrados são resultados de

superfícies com maiores rugosidades. Este fenômeno, no entanto, não foi observado nas argamassas do tipo B, que apresentaram sob as análises, tanto a olho nu, quanto por posterior microscopia eletrônica, uma rugosidade superficial menos acentuada em comparação às demais, possivelmente devido ao cobrimento proporcionado pelo uso da tinta, evitando assim possíveis perdas de inertes, e também realizando o cobrimento dos poros, elevando seus índices de refletância.

Logo, os resultados encontrados, levam a considerar que no experimento desenvolvido, a concentração indicada para que haja tanto um bom espalhamento do composto, quanto o desencadeamento dos processos photocatalíticos, que poderiam influenciar diretamente nas medições de refletância está na adição de 5% de TiO<sub>2</sub>, em relação à massa total da pré-mistura seca, sendo esta concentração, a partir dos testes realizados, a que apresentou melhor desempenho.

#### **4 CONCLUSÕES**

De acordo com as medições de refletância e conforme as condições do experimento de campo realizado, os resultados demonstraram que as argamassas que melhor apresentaram desempenho quanto a refletância foram as argamassas pintadas na cor branca. Para as demais argamassas, os resultados apontaram que os valores médios de refletância não superaram os valores das médias obtidas nas argamassas pintadas.

Em relação às concentrações do TiO<sub>2</sub> (1%, 5% e 10%) adicionados em forma de pó e expressos em relação ao total da pré-mistura seca, notou-se que as diferenças nos teores apresentaram uma mudança pouco significativa entre as mesmas. Apesar disto, as argamassas que delinearam melhor desempenho quanto à auto-limpeza foram as que possuíam o teor máximo de 5% de TiO<sub>2</sub>. Enquanto as argamassas que possuíam 10% de TiO<sub>2</sub> tiveram resultados menos eficientes quando comparadas tanto as argamassas com 5% TiO<sub>2</sub>, quanto as argamassas pintadas, diferentemente do esperado com o aumento na dosagem do material.

Considera-se que o comportamento diferenciado apresentado pelas argamassas com o teor de 10% em suas formulações está associado à presença de uma maior porosidade; uma baixa distribuição dos sítios ativos; uma elevada concentração de componentes inorgânicos em suas superfícies; e à presença de aglomerados de TiO<sub>2</sub> em determinadas partes da argamassa. Estes pontos, aliados a fatores como um alto índice de poluição ambiental e a baixa concentração de chuvas observadas durante todo o ano de 2014, ocasionou um desempenho insatisfatório destas argamassas quanto ao quesito auto-limpeza, desencadeando por consequência resultados insatisfatórios quanto à refletância.

Na continuidade dos trabalhos destaca-se a necessidade, da averiguacão da efetividade da adição do TiO<sub>2</sub> no caso de revestimentos mais porosos; aprofundar estudos quanto ao tipo e tamanho de partículas do TiO<sub>2</sub> quando adicionado em maiores concentrações à mistura; averiguar o efeito

fotocatalítico em argamassas com teores de TiO<sub>2</sub> mais elevados, dado o aparente efeito de “saturação” verificado no teor de 10% e; por fim a necessidade de em estudos experimentais, realizar a completa caracterização de todo o material antes do início do experimento.

## REFERÊNCIAS

- ALCHAPAR, N. L.; CORREA, E. N.; CANTÓN, M. A. Índice de reflectancia solar de revestimientos verticales: potencial para la mitigación de la isla de calor urbana. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p.107-123, jul./set. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_issues&pid=1678-862120120003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issues&pid=1678-862120120003&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 23 jun. 2013.
- CHEN, J.; POON, C. Photocatalytic construction and building materials: From fundamentals to applications. **Building And Environment**, v. 44, p.1899-1906, 15 jan. 2009.
- MARANHÃO, F. L. **Método para redução de mancha nas vedações externas de edifícios**. 2009. 107 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Construção Civil., Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://bdtd.ibict.br/>>. Acesso em: 15 fev. 2013.
- MELO, J. V. S. de, **Desenvolvimento de peças pré-moldadas de concreto fotocatalíticas para pavimentação e purificação do ar**. 2011. 208 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PECV0766-D.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2013.
- PEREIRA, M. A. C.; TORGAL, F. P.; JALALI, S. Capacidade de auto-limpeza de argamassas contendo dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>). In: **CONGRESSO NACIONAL DE ARGAMASSAS DE CONSTRUÇÃO**, 3., 2010, Lisboa. Conference Object. Lisboa, Portugal. C-TAC - Comunicações a Conferências Nacionais, 2010. p. 1 - 9.
- PÉREZ-LOMBARD, L.; ORTIZ, J.; POUT, C. A review on buildings energy consumptio information. **Energy And Buildings**. Sevilha, Espanha. p. 394-398. 12 mar. 2007. Disponível em: <[http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/ARTICULOS/PAPER\\_LPL\\_1\\_OFF-PRINT.pdf](http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/ARTICULOS/PAPER_LPL_1_OFF-PRINT.pdf)>. Acesso em: 18 dez. 2015
- POON, C; CHEUNG, E.. No Removal Efficiency of Photocatalytic Paving Blocks Prepared with Recycled Materials. **Construction and Building Materials**, v. 21, p. 1746-1753, 2007.
- SANTAMOURIS, M; SYNNEFA, A; KARLESSIET, T. Using Advanced Cool Materials in the Urban Built Environment to Mitigate Heat Islands and Improve Thermal Comfort Conditions. **Solar Energy**, v. 85, n. 12, p. 3085-3102, 2011. Disponível em: <[www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X10004020](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X10004020)>
- SEKER, D. Z.; TAVIL, A. U. Evaluation of exterior building surface roughness degrees by photogrammetric methods. **Building and Environment**, v. 31, p. 393-398, 1996. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0360132395000518>>