

Análise de desempenho do revestimento sintético texturizado de paredes com umidade constante

Performance analysis of the textured synthetic coating of walls with constant humidity

Alexandre Cordeiro dos Santos^{a*}, Leandro Augusto^a
e Osmar Hamilton Becere^a

^a Laboratório de Materiais de Construção Civil, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., São Paulo-SP, Brasil.

*E-mail: alexcord@ipt.br

Palavras-chave:
inspeção, revestimento sintético texturizado, umidade, manifestação patológica.

Keywords:
inspection, synthetic resin coating, texturized synthetic coating, moisture, pathological manifestation.

Resumo

Este artigo apresenta os resultados de um estudo de caso realizado pela equipe técnica do Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC do IPT cujo objetivo principal foi analisar o desempenho de revestimento sintético texturizado, visando diagnosticar as causas da ocorrência de bolhas (estufamento) no revestimento. Com base na inspeção realizada em campo e em resultados de ensaios realizados em laboratório, constatou-se que a ocorrência das bolhas (estufamento) é decorrente da presença de umidade acima de limites aceitáveis no substrato de aplicação (emboço) do revestimento sintético texturizado, oriunda de ascensão capilar e/ou da infiltração de água através de fissuras. Essa manifestação patológica tem se tornado comum nas construções resultado da inobservância quanto à limitação de uso desse tipo de revestimento sobre substratos sujeitos a umidade por ascensão capilar ou de outras fontes.

Abstract

This paper presents the results of a case history carried out by the technical team of the IPT Laboratory for Civil Construction Materials whose main objective was to analyze the performance of textured synthetic coatings aiming at diagnosing the causes of blistering which occurred when they were exposed to a constant-humidity environment. Based on the field inspection and laboratory test results, the pathologic manifestation was attributed to the presence of excess moisture in the cementitious substrate of the textured synthetic coating coming from the capillary water and/or of the infiltration of water through cracks. This type of occurrence has been intensified lately due the non-observance of the limitations of the use of this type of coatings on substrates exposed to moisture coming from capillary absorption or from other sources.

1 Introdução

Os revestimentos sintéticos texturizados (RST), conhecidos no mercado brasileiro como "textura acrílica", são constituídos essencialmente pelos mesmos componentes das tintas imobiliárias: resinas acrílicas ou estireno-acrílicas, pigmentos, cargas minerais e aditivos, porém com cargas de maiores dimensões para proporcionar o efeito texturizado. Esse tipo de revestimento foi introduzido no Brasil na década de 1960 e devido ao histórico de durabilidade, inúmeras opções de texturas e nuances de cores, facilidade de aplicação e adequação às tecnologias construtivas locais, conquistou grande espaço na construção civil (BECERE, 2007). Os revestimentos sintéticos texturizados se diferem das tintas imobiliárias basicamente nos seguintes aspectos:

- a. agregam às fachadas efeitos estéticos impossíveis de serem obtidos com as tintas imobiliárias de acabamento liso (**Figura 1**);

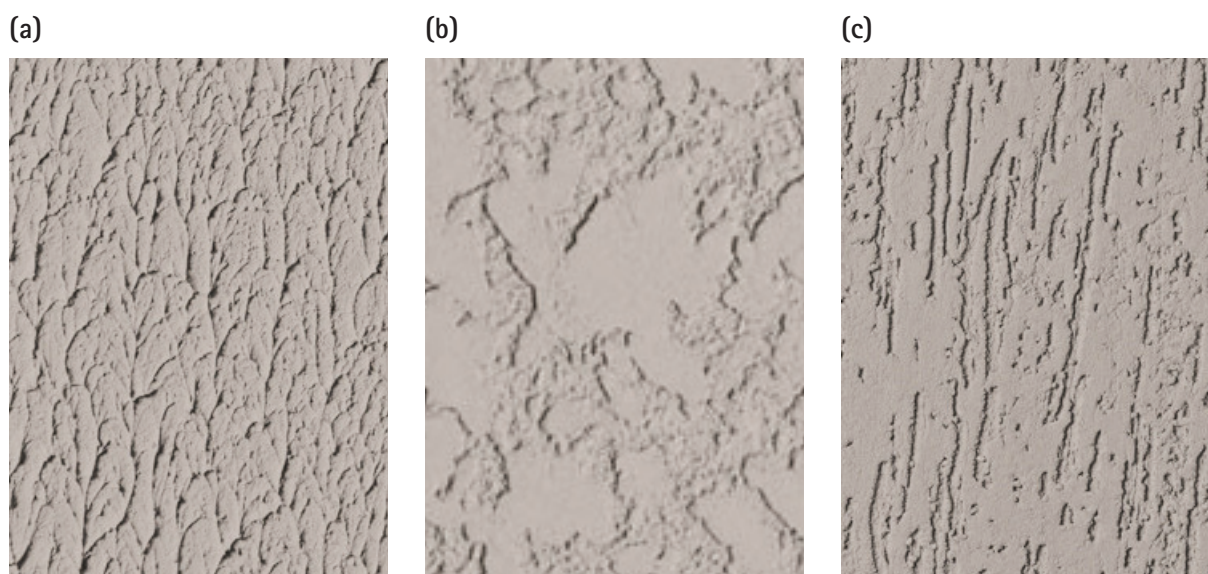


Figura 1 – Exemplos de texturas possíveis de serem obtidas com os revestimentos sintéticos texturizados. Em (a) rolado; (b) travertino e (c) riscado.

Fonte: Artgran (2017).

- b. possuem maior capacidade de correção de irregularidades superficiais do substrato e de preenchimento de fissuras superficiais, dispensando o uso de massa niveladora, por serem constituídos com agregados de maiores dimensões, resultando em camadas de maior espessura (da ordem de 0,5 mm a 3 mm);
- c. possuem maior elasticidade, o que os tornam capazes de dissimular fissuras de até certos limites no substrato. Essa propriedade está estritamente relacionada com a qualidade e o tipo da resina utilizada e também com a distribuição granulométrica das cargas;

- d. possuem maior resistência à penetração de chuvas devido à maior espessura da camada, bem como maior resistência ao intemperismo, não só pelas características do produto, mas também porque a texturização disfarça as alterações superficiais ocasionadas pelo intemperismo e as torna menos visíveis;
- e. proporcionam economia nos custos de mão de obra, uma vez que a sua obtenção requer apenas uma demão, além do selador.

Como todo e qualquer revestimento de fachadas, os revestimentos sintéticos texturizados também estão sujeitos a diversos agentes de degradação, tais como, poluição do ar, umidade, microrganismos, temperatura, radiação solar e radiação ultravioleta, agentes estes que variam em função da localização geográfica da edificação, bem como de ciclos diários e anuais em virtude da sua própria natureza. Desses agentes, a umidade é o que mais causa degradação nesse tipo de revestimento. Segundo Karagiannis et al. (2015), a água, ao penetrar no material de construção, pode causar degradação de emboços e de pinturas de base polimérica, corrosão de armaduras, criptoflorescências, entre outras manifestações patológicas. A presença de umidade nos materiais de construção do envelopamento da edificação também pode contribuir para a ocorrência de condensações no interior da edificação, elevar o risco de desenvolvimento de fungos emboloradores e tornar o ambiente insalubre para os ocupantes, com consequentes riscos a sua saúde e conforto (SHOEMAKER; HOUSE, 2006; WEINHOLD, 2007; LOURENÇO; LUSO; ALMEIDA, 2006; PIETRZYK, 2015; CARRER et al., 2015; HUANG et al., 2015).

As principais fontes de umidade nas edificações são a chuva incidente, ascensão capilar e, esporadicamente, vazamentos em tubulações de água e/ou esgoto. Dentre essas fontes de umidade, a que mais prejudica os revestimentos sintéticos texturizados aplicados sobre emboços ou diretamente sobre elementos de alvenaria é, sem dúvida, a umidade de ascensão capilar, facilmente identificada quando começa o surgimento de bolhas (estufamento) ou descolamento do revestimento. Esse tipo de anomalia normalmente decorre da elevada absorção capilar dos emboços quando em contato com uma fonte de umidade, uma vez que estes normalmente não recebem qualquer tratamento hidrofugante, e da limitação de difusão do vapor através dos revestimentos sintéticos texturizados, condições estas que não permitem um processo adequado de secagem da parede.

Vários autores destacaram que a umidade acumulada durante algum tempo compromete a durabilidade de um material de construção civil (ROUSSEAU; DALGLIESH, 2004) fato que pode ser agravado, uma vez que o fenômeno do aumento do teor de umidade é dependente do equilíbrio entre o fluxo ascendente de água a partir da base da parede por capilaridade e a perda de água por evaporação. Ou seja, o conteúdo da umidade não é determinado apenas pela água absorvida pelo material, mas também pela quantidade de água que se evapora, fenômeno conhecido como processo de secagem (HALL; HOFF, 2002). Agostino (2013); Silva, Ghisi e Lamberts (2016) e Littia et al. (2015) afirmam que o processo de secagem de um material de construção é crucial para os elementos construtivos que compõem o invólucro da edificação. Combinado com a fase de molhagem, o processo de secagem regula as condições de isolamento térmico do invólucro da edificação, podendo interferir na eficiência energética e consequentemente impactar positivamente ou negativamente os custos de manutenção e a vida útil da edificação, bem como o conforto dos usuários.

No estudo de caso deste artigo, o desempenho do revestimento sintético texturizado analisado foi comprometido devido à ocorrência de bolhas (estufamento) nas regiões do sistema de revestimento das fachadas (emboço + revestimento sintético texturizado), quando em contato direto com solo úmido, predominantemente em áreas de jardins. Também foi observado que esse tipo de manifestação patológica em regiões do sistema de revestimento ocorre quando em contato com pavimento permeável, piso drenante, pisos cerâmicos, rochas ornamentais ou outros pisos nos quais ocorre a penetração de água de chuva ou dos processos de limpeza, que atingem o emboço através das juntas e/ou rejuntas permeáveis. Apesar do aumento desse tipo de manifestação patológica, que aumenta sensivelmente nos períodos chuvosos, o assunto tem sido tratado de forma incipiente, tanto na fase de projeto quanto durante a execução do revestimento, uma vez que não são previstas soluções construtivas para evitar esse tipo de ocorrência, cuja correção resulta em custos elevados.

1.1 Objetivo do trabalho

Apresentar os resultados de um estudo de caso que consistiu em analisar o desempenho de revestimento sintético texturizado, visando diagnosticar as causas da ocorrência de bolhas (estufamento) no revestimento, que no caso em questão estava submetido à umidade constante.

2. Metodologia do trabalho

O trabalho consistiu de três atividades principais: inspeção visual, coleta de amostras e ensaios laboratoriais.

2.1 Inspeção visual

O trabalho consistiu primeiramente da inspeção visual das regiões do sistema de revestimento da edificação em estudo, constituído por chapisco + emboço + revestimento sintético texturizado, que apresentava destacamentos e/ou bolhas (estufamentos). Esse tipo de anomalia estava restrito às regiões localizadas nas platibandas¹ da laje de cobertura da piscina social do edifício e nas paredes da piscina social, ambas localizadas no pavimento térreo.

Por ocasião da inspeção, constatou-se que as regiões das platibandas afetadas pela presença de bolhas (estufamentos) estavam em processo de recuperação; no entanto, foi possível verificar a presença de fissuras no emboço da face externa da platibanda imediatamente abaixo da capa de muro, falhas de acabamento do emboço junto à laje, locais estes que permitiram a entrada de água, bem como o pedrisco presente na região estava com excesso de umidade devido a chuvas que ocorreram em dias anteriores **(Figuras 2 e 3)**.

¹ Platibanda: mureta construída na parte mais alta das paredes externas de uma construção, para proteger e ornamentar a fachada.



Figura 2 – Vista do teto da piscina. As setas indicam regiões do revestimento em processo de recuperação.
Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 3 – Região da Figura 2. Contato do sistema de revestimento com o pedrisco que apresentava umidade excessiva.
Fonte: elaborado pelos autores.

Por sua vez, nas paredes da piscina social, constatou-se, após remoção do revestimento sintético texturizado, que o emboço estava com umidade excessiva quando comparado ao emboço de uma região aparentemente sã, ocasionado pelo fato do sistema de revestimento manter contato direto com o solo do jardim. Cabe ressaltar que nessa região, devido ao uso do sistema de irrigação da vegetação do jardim, o solo mantém-se com umidade elevada (**Figuras 4 e 5**).



Figura 4 - Bolhas no revestimento na região do jardim devido ao excesso de umidade do solo.
Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 5 - Região da Figura 4 vista de outro ângulo. Remoção da bolha com lâmina cortante.
Fonte: elaborado pelos autores.

2.2 Coleta de amostras

A coleta de amostras foi realizada em duas regiões do sistema de revestimento, sendo uma da região sã (sem bolhas) e outra de uma região com bolhas (**Figura 6**). As amostras dessas regiões foram extraídas com auxílio de serra copo diamantada. Imediatamente após a extração, essas amostras foram acondicionadas em embalagens hermeticamente fechadas e encaminhadas ao LMCC do IPT, para fins de determinação dos seus teores de umidade.



Figura 6 – Em vermelho, região com presença de bolhas (estufamento) e, em azul, região sem anomalia. Em laboratório, foi determinado o teor de umidade do emboço dessas amostras. Ensaio E10. Fonte: elaborado pelos autores.

Para subsidiar a investigação, também foram coletadas duas amostras do sistema de revestimento (emboço + revestimento sintético texturizado) com objetivo de avaliar propriedades relacionadas à absorção de água por capilaridade e a transmissão de vapor de água (transmitância e camada de ar equivalente). Uma amostra foi coletada da parede da casa de máquinas (laje de cobertura - orientação Norte – **Figura 7**) e a outra amostra de parede localizada na mesma laje com orientação para o Oeste (**Figura 8**), regiões estas onde foi aplicado o mesmo revestimento empregado nas platibandas e paredes da piscina social. Essas amostras foram encaminhadas ao LMCC do IPT para a realização dos referidos ensaios. As **Figuras 7 e 8** mostram a região de retirada das amostras.



Figura 7 – Parede da casa de máquinas. Área do círculo indica o local de extração dos corpos de prova para realização dos ensaios de absorção de água por capilaridade e de propriedades de transmissão de vapor de água. Ensaios E3, E5, E7 e E9.
Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 8 – Parede da platibanda da cobertura. Área do círculo: local de extração dos corpos de prova para realização dos ensaios de absorção de água por capilaridade e de propriedades de transmissão de vapor de água. Ensaio E4, E6, E8 e E9.
Fonte: elaborado pelos autores.

2.3 Ensaios realizados e métodos empregados

Os ensaios realizados restringiram-se a medir propriedades relacionadas ao comportamento do sistema de revestimento frente à ação de água. Foram realizados os ensaios de determinação da absorção de água por capilaridade e de determinação de propriedades de transmissão de vapor de água (permeância e camada de ar equivalente) do sistema de revestimento sintético texturizado (emboço + revestimento) e somente do emboço após a remoção do revestimento sintético texturizado.

Os métodos de ensaios foram definidos em função do conhecimento sedimentado das bibliografias internacionais, que estabelecem o equilíbrio higroscópico como o requisito mais importante para avaliação desse tipo de revestimento. Também foi considerado que no Brasil predominam regiões de exposição alta e severa à chuva dirigida, ou seja, que a maior parte do seu território apresenta índices pluviométricos e ventos elevados. Dessa forma, buscou-se com esses ensaios verificar se o revestimento sintético texturizado analisado pode contribuir em minimizar os efeitos associados à incidência da água, seja de chuva incidente ou mesmo de outras fontes, limitando a penetração de água no substrato e permitindo a difusão do vapor de água. Essa propriedade, denominada requisito de proteção contra a chuva, é verificada analisando-se os resultados individuais desses ensaios, bem como pelo produto do coeficiente de absorção de água por capilaridade (C_{24h}) e da camada de ar equivalente (S_d).

Por sua vez, realizou-se o ensaio de determinação do teor de umidade do emboço das paredes da piscina com objetivo de comparar os teores de umidade da região com bolhas no revestimento e da região sã.

2.3.1 Determinação da absorção de água por capilaridade

O ensaio foi realizado de acordo com as diretrizes da norma EN ISO 15148: 2002, *Hygrothermal Performance of Buildings Materials and Products: Determination of Water Absorption Coefficient by Partial Immersion*. (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2002). De acordo com essa norma, primeiramente as faces laterais dos corpos de prova são impermeabilizadas e a face com revestimento é colocada em contato com a água. Após períodos pré-determinados, são registradas as massas de água absorvida pelos corpos de prova. O coeficiente de capilaridade C é obtido pela **Equação 1**:

$$C = \frac{M}{(S \cdot \sqrt{t})} \quad (1)$$

Onde:

C = coeficiente de capilaridade em $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$;

M = massa de água absorvida após um tempo t em kg;

S = área do corpo de prova em m^2 ;

t = tempo em contato com a água em h.

Para realização do ensaio, os corpos de prova coletados na obra foram segmentados nas dimensões aproximadas de 10 cm x 15 cm. A absorção de água por capilaridade desses corpos de prova foi determinada de duas formas:

- a. do sistema de revestimento sintético texturizado (emboço + revestimento). Esse ensaio está identificado como **E1** e **E2**;
- b. somente do emboço, após a remoção do revestimento sintético texturizado. Esse ensaio está identificado como **E3** (**E1** sem o RST) e **E4** (**E2** sem o RST).

2.3.2 Determinação de propriedades de transmissão de vapor de água

O ensaio foi realizado de acordo com as diretrizes da norma EN ISO 12572: 2001, *Hygrothermal Performance of Buildings Materials and Products: Determination of Water Vapour Transmission Properties* (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2001a).

O ensaio foi realizado numa condição de contorno 23-0/85 que representa uma temperatura de 23 °C e umidade relativa do ar de 0 a 3 % no interior do recipiente e de (85 ± 3) % na câmara de ensaio. O dessecante utilizado na realização do ensaio foi cloreto de cálcio (CaCl_2).

Foram determinadas as seguintes propriedades de transmissão de vapor:

- I. **Permeabilidade – δ_p (kg/(m.s.Pa))**: quantidade de vapor que passa por unidade de superfície de um material de espessura unitária, por unidade de tempo e quando entre as suas faces se estabelece uma diferença de pressão unitária;
- II. **Permeância – W_p (kg/(m².s.Pa))**: quantidade de vapor que passa por unidade de superfície de um material com uma espessura determinada, por unidade de tempo e quando entre as suas faces se estabelece uma diferença de pressão unitária;
- III. **Camada de ar equivalente – S_d (m)**: grandeza de caráter prático que indica a espessura (em metros) de uma camada de ar em repouso que oferece a mesma resistência à difusão do vapor de água que a resistência à difusão do vapor de água da amostra analisada.

Conforme recomendações da norma EN ISO 12572: 2001 – Anexo E: “[...] para películas muito finas, cuja espessura não é possível determinar por meios convencionais, não é usual referir-se à sua permeabilidade. Para esses casos apresenta-se a permeância ou a resistência ao vapor de água (inverso da permeância)” (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2001a). Incluem-se, também, nesses casos, as películas frágeis ou quebradiças, conforme NP EN ISO 7783-2: 2001 – Tintas e vernizes. Materiais e esquemas de pintura para rebocos exteriores e betão. Parte 2: Determinação e classificação da velocidade de transmissão de vapor de água (permeabilidade) (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2001b).

Para a realização do ensaio, os corpos de prova coletados na obra foram segmentados nas dimensões aproximadas de 8,0 cm de diâmetro.

A determinação de propriedades de transmissão de vapor de água foi realizada de duas formas:

- a. do sistema de revestimento sintético texturizado (emboço + revestimento). Esse ensaio foi identificado como **E5 e E6**;
- b. somente do emboço, após a remoção do revestimento sintético texturizado (três corpos de prova do **E5** e três corpos de prova **E6**). Esse ensaio foi identificado como **E7**.

2.3.3 Determinação do teor de umidade

O ensaio foi realizado conforme diretrizes da norma ABNT NBR 13.528: 2010 – Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

Para a realização do ensaio, foram utilizados os corpos de prova nas dimensões conforme foram coletados na obra (50 mm, ou seja, diâmetro da serra copo diamantada). O ensaio foi identificado como **E10** e os corpos de prova foram identificados da seguinte forma:

- a. região do revestimento com bolha (estufamento): CP 1, CP2 e CP 3.
- b. região sã do revestimento: CP 4, CP 5 e CP 6.

3. Resultados dos ensaios

3.1 Determinação da absorção de água por capilaridade

Os resultados obtidos constam das **Tabelas de 1 a 4**. Nas **Figuras de 1 a 4**, está ilustrada graficamente a evolução da absorção de água por unidade de área em função da raiz quadrada do tempo (\sqrt{t}).

Tabela 1 – Resultados de absorção de água por capilaridade – Ensaio E1.

CP	Absorção de água por capilaridade (g/m ²)							
	15 min	30 min	1 h	2 h	4 h	8 h	24 h	48 h
1	37	59	69	112	177	261	513	754
2	74	107	131	175	269	403	813	1203
3	42	61	79	79	127	171	320	458
4	61	86	122	179	288	420	829	1167
Média	53	78	100	136	215	314	619	895

Fonte: elaborado pelos autores.

A partir dos dados de ensaio, obteve-se o valor do coeficiente de capilaridade $C_{24h} = 0,13 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$.

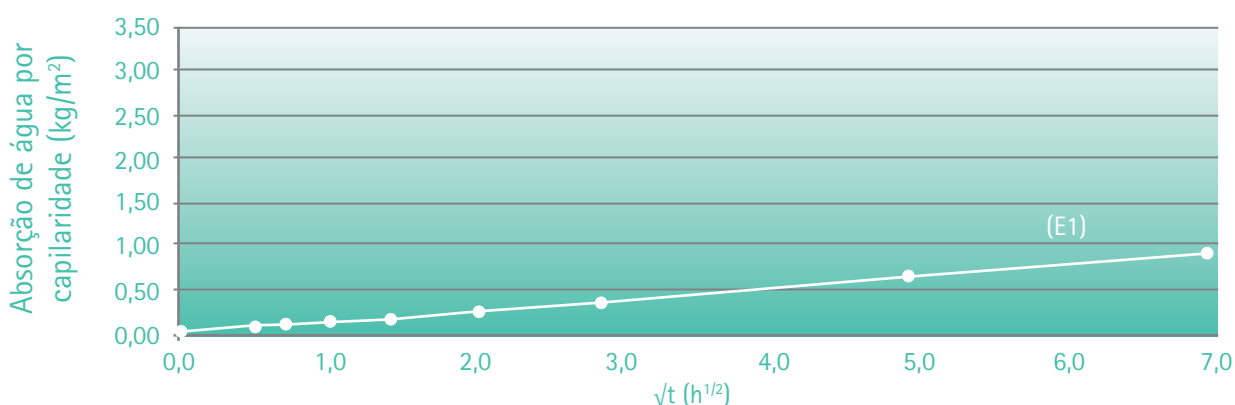


Figura 1 – Absorção de água por capilaridade em função da \sqrt{t} (E1).

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 2 – Resultados de absorção de água por capilaridade – Ensaio E2.

CP	Absorção de água por capilaridade (g/m ²)							
	15 min	30 min	1 h	2 h	4 h	8 h	24 h	48 h
1	40	52	46	61	78	104	195	297
2	50	50	62	61	87	118	244	399
3	43	54	50	146	91	122	261	419
4	48	53	58	70	93	125	278	436
Média	45	52	54	85	87	117	245	388

Fonte: elaborado pelos autores.

A partir dos dados de ensaio obteve-se o valor do coeficiente de capilaridade $C_{24h} = 0,05 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$.

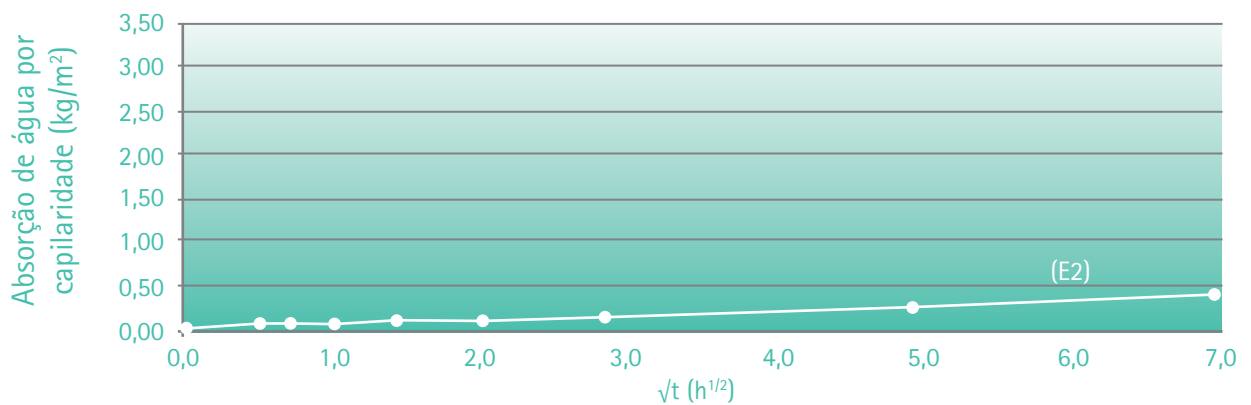


Figura 2 – Absorção de água por capilaridade em função da \sqrt{t} (E2).

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 3 – Resultados de absorção de água por capilaridade – Ensaio E3.

CP	Absorção de água por capilaridade (g/m ²)							
	15 min	30 min	1 h	2 h	4 h	8 h	24 h	48 h
1	2103	3013	5508	5524	6070	6146	6258	6364
2	936	1474	2232	3307	4807	6005	6660	6730
3	780	1221	2017	3162	5030	7170	9421	9670
4	1909	2794	3947	5227	6022	6123	6237	6355
5	1579	2261	3092	4259	5971	6625	6736	6829
Média	1462	2153	3359	4296	5580	6414	7062	7190

Fonte: elaborado pelos autores.

A partir dos dados de ensaio obteve-se o valor do coeficiente de capilaridade $C_{24h} = 3,36 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$.

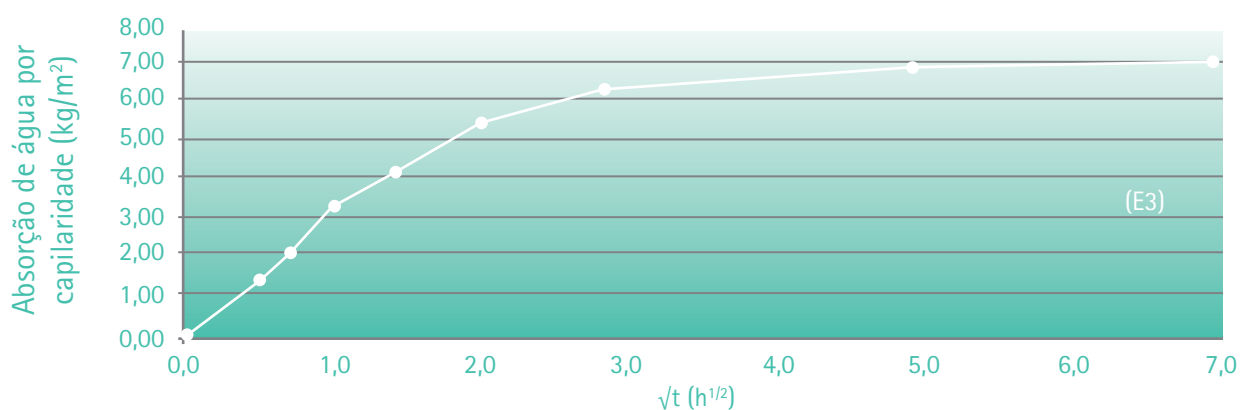


Figura 3 – Absorção de água por capilaridade em função da \sqrt{t} (E3).

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 4 – Resultados de absorção de água por capilaridade – Ensaio E4.

CP	Absorção de água por capilaridade (g/m ²)							
	15 min	30 min	1 h	2 h	4 h	8 h	24 h	48 h
1	1212	1853	2763	3834	4518	4589	4690	4775
2	319	486	710	1087	1654	2268	3236	3620
3	2546	3503	3995	4095	4187	4211	4281	4287
4	283	445	698	1120	1748	2398	3296	3533
Média	1090	1572	2042	2534	3027	3367	3876	4054

Fonte: elaborado pelos autores.

A partir dos dados de ensaio obteve-se o valor do coeficiente de capilaridade $C_{24h} = 2,22 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$.

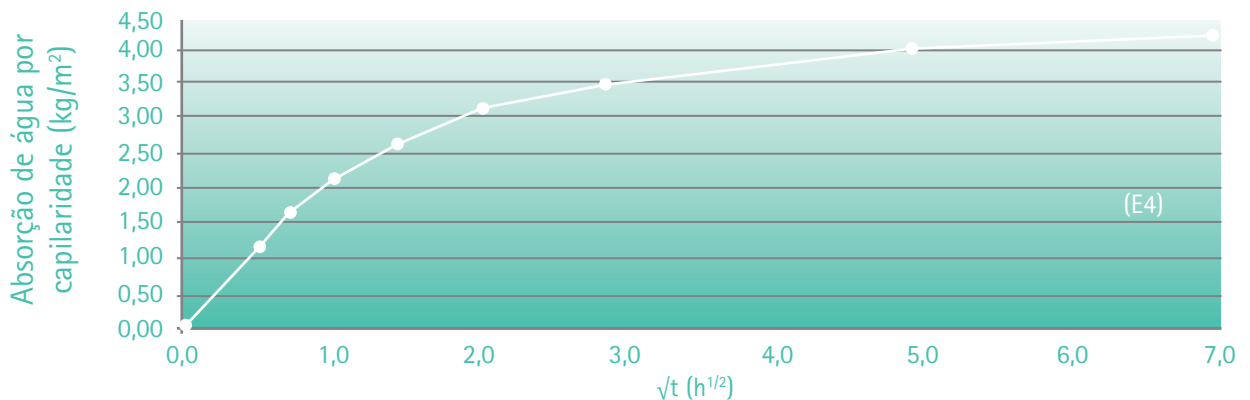


Figura 4 – Absorção de água por capilaridade em função da \sqrt{t} (E4).

Fonte: elaborado pelos autores.

3.2 Propriedades de transmissão de vapor de água e, de proteção contra a chuva

Os resultados da permeância (W) e da camada de ar equivalente (S_d) estão apresentados nas Tabelas de 5 a 7.

Tabela 5 – Resultados de propriedades de transmissão de vapor do revestimento – Ensaio E5.

CP	Permeância (kg/(m ² .s.Pa))	Camada de ar equivalente (m)
1	2,04E-10	0,74
2	1,39E-10	1,23
3	1,97E-10	0,77
4	1,90E-10	0,81
5	1,90E-10	0,81
Média	1,84E-10	0,89

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 6 – Resultados de propriedades de transmissão de vapor do revestimento – Ensaio E6.

CP	Permeância (kg/(m ² .s.Pa))	Camada de ar equivalente (m)
1	2,37E-10	0,59
2	2,20E-10	0,66
3	1,32E-10	1,30
4	1,97E-10	0,77
5	2,24E-10	0,64
Média	2,02E-10	0,83

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 7 – Resultados de propriedades de transmissão de vapor do revestimento – Ensaio E7.

CP	Permeância (kg/(m ² .s.Pa))	Camada de ar equivalente (m)
1	7,39E-10	0,29
2	6,29E-10	0,34
3	6,34E-10	0,34
4	6,35E-10	0,34
5	8,35E-10	0,26
Média	6,94E-10	0,33

Fonte: elaborado pelos autores.

O produto da absorção de água por capilaridade (C_{24h}) e da camada de ar equivalente (S_d), para avaliação do requisito de proteção contra a chuva, é apresentado na **Tabela 8**.

Tabela 8 – Resultados do produto de $C_{24h} \times S_d$.

Amostra	C_{24h} (kg/(m ² . h ^{1/2}))	S_d (m)	$C_{24h} \times S_d$ (kg/(m.h ^{1/2}))
E3	0,13	0,89	0,1
E4	0,05	0,83	0,0
E5	3,36	0,33	1,1
E6	2,22	0,33	0,7

Fonte: elaborado pelos autores.

3.3 Determinação do teor de umidade

Os resultados obtidos estão apresentados na **Tabela 9**.

Tabela 9 – Determinações do teor de umidade – Ensaio E8.

CP	Teor de umidade (%) da região com estufamento	CP	Teor de umidade (%) da região sem estufamento
1	9	4	5
2	9	5	5
3	9	6	4

Fonte: elaborado pelos autores.

4 Análise dos resultados

4.1 Critérios mínimos de desempenho de referência

Inexistem no Brasil requisitos e critérios mínimos de desempenho estabelecidos para os revestimentos sintéticos texturizados. Dessa forma, considerando o tipo de revestimento em análise e as condições de exposição da edificação na cidade de São Paulo, utilizaram-se como parâmetro de avaliação dos resultados obtidos os seguintes critérios mínimos de desempenho:

- a. **absorção de água por capilaridade:** de acordo com a norma *DIN 18558: 1985 - Synthetic resin plasters* (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V., 1985), o coeficiente de capilaridade (C_{24h}) deve ser $\leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$. Esse critério, na Alemanha, é considerado para os revestimentos de ligantes sintéticos quando se destinam à aplicação em edificações localizadas em regiões com precipitações anuais acima de 800 mm e em regiões com índice de precipitação inferior, mas com alta incidência de ventos (costas litorâneas, montanhas altas e médias) e, também, em edifícios altos e expostos. É importante frisar que para essas condições de exposição além do coeficiente $C_{24h} \leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$ também são estabelecidos limites para a **permeabilidade ao vapor de água**, expressos na forma de camada de ar equivalente (S_d), que deve ser $\leq 2,0 \text{ m}$, e o produto de $C_{24h} \times S_d$ que deve ser $\leq 0,2 \text{ (kg/m.h}^{1/2})$.

Comentário: considerando os valores apresentados na **Tabela 8** e os referidos critérios, o revestimento sintético texturizado, quando avaliado isoladamente, atendeu aos critérios de absorção de água por capilaridade, de camada de ar equivalente e na relação produto de $C_{24h} \times S_d$. Essa relação, também conhecida como requisito de proteção contra a chuva indica se o revestimento possui condições necessárias para a evaporação do vapor de água de forma a manter o equilíbrio higroscópico. Os valores obtidos, $0,1 \text{ kg}/(\text{m.h}^{1/2})$ e $0,0 \text{ kg}/(\text{m.h}^{1/2})$, são indicativos de que o revestimento apresenta condições necessárias para a evaporação do vapor de água até certos limites. Em condições em que ocorre a elevação do teor de umidade no substrato por ascensão capilar ou por falhas no revestimento (por exemplo, fissuras), as condições de secagem podem ficar comprometidas e provocar a minoração da resistência de aderência deste ao substrato, o surgimento de bolhas e posterior descolamento do revestimento.

- b. **teor de umidade do emboço:** apesar de não haver critérios estabelecidos quanto ao teor de umidade de argamassas de emboço, é considerado aceitável pelo meio técnico que o emboço apresente teores de umidade inferiores a 2,5 %.

Comentário: nos corpos de prova removidos da região do revestimento que apresentava bolha (estufamento) o teor de umidade medido foi de praticamente o dobro da umidade medida na região sã do revestimento, 9 % e 5 % (**Tabela 9**) respectivamente. Considerando esse valor, ambos os emboços avaliados estão com umidade excessiva. É provável que na região considerada sã, o revestimento esteja apresentando condições necessárias para a evaporação do vapor de água, porém se o teor de umidade continuar no mesmo patamar ou aumentar poderá vir a ocorrer bolhas (estufamentos).

5. Considerações

Conforme atestam diversos trabalhos acadêmicos, a umidade é, dentre os diversos agentes de degradação que interferem na durabilidade dos revestimentos sintéticos texturizados, o que mais causa manifestações patológicas a este tipo de revestimento. O processo de secagem por evaporação ou difusão de vapor atua na interface do substrato com o revestimento gerando tensões que causam as bolhas (estufamento) e conseqüentemente o descolamento do revestimento, fenômeno constatado no estudo de caso em análise.

Cabe ressaltar que há outros agentes que também causam degradações nesse tipo de revestimento, que são os agentes biológicos (microrganismos) e a degradação por radiação ultravioleta (UV), todavia, o surgimento de manifestações patológicas devido a esses agentes demora mais tempo para ocorrer. Também, é muito comum encontrar manifestações patológicas nesse tipo de revestimento decorrente de anomalias no substrato de aplicação, sendo as mais comuns a aplicação desse tipo de revestimento sobre substratos pulverulentos ou de baixa resistência superficial, presença de gesso na argamassa de revestimento (sulfoaluminato de cálcio - etringita), excesso de fissuras no substrato e, também, substrato com excesso de sais solúveis.

A ocorrência de uma manifestação patológica pode estar relacionada à ação de um ou mais desses agentes de degradação atuando juntos ou isoladamente. Nesse caso, as bolhas (estufamento) verificadas no revestimento sintético texturizado das platibandas e paredes da piscina coberta decorre da presença de umidade no emboço devido aos seguintes fatores:

- a. **Entrada de água através de fissuras:** a infiltração de água por fissuras encontradas na argamassa de emboço da platibanda do prédio da piscina (lado externo), que deu origem a ocorrência das bolhas (estufamentos) no revestimento sintético texturizado na parte interna;
- b. **Falhas de acabamento do emboço:** em algumas regiões das platibandas, cujo sistema de revestimento é constituído por emboço + revestimento sintético texturizado, há falhas no encontro do sistema de revestimento com a laje ("pé de parede"), ou seja, nesse local ocorre o acúmulo de água de chuva que ascende pelo emboço por capilaridade;
- c. **Camada de pedrisco:** na parte externa da platibanda frontal (beiral), constatou-se uma camada de pedrisco espessa (aproximadamente 8 cm), diferentemente da encontrada no lado interno da platibanda que era da ordem de 3 cm a 4 cm. A camada de pedrisco muito espessa dificulta o escoamento da água da chuva e prejudica o processo de secagem por evaporação dessa região. Nessa condição, o sistema de revestimento fica mais tempo em contato com a umidade que ascende ao emboço por capilaridade;

- d. **Contato do sistema de revestimento com umidade do solo:** nas regiões de jardins a umidade do solo ascende ao emboço mantendo essa região constantemente úmida. Conforme mostram os resultados de determinação do teor de umidade (**Tabela 9**), na região com bolhas o teor de umidade estava em torno de 9 % e na região sã o teor de umidade estava em torno de 5 %. Em épocas chuvosas ou durante o processo de irrigação, é bem provável que os teores de umidade nessa região fiquem ainda mais elevados e certamente comprometem o desempenho do revestimento sintético texturizado.

Para corroborar essa afirmação, os resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade mostraram valores de $0,3 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$ e $0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$ (**Tabelas 1 e 2**) considerados de baixa absorção de água por capilaridade. Esses valores indicam que a entrada da água no emboço não ocorreu através do revestimento sintético texturizado, pois este possui baixa capilaridade. Para comparação, nos corpos de prova sem o revestimento sintético texturizado (emboço) os valores foram $3,36 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$ da **Tabela 3** e $2,22 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$ da **Tabela 4**. Quando analisados juntamente com as propriedades de transmissão de vapor de água (**Tabelas 5, 6 e 7**), os resultados indicam que o revestimento sintético texturizado (**Tabela 8 – E3 e E4**), além de reduzir consideravelmente a entrada de água no emboço, permite o estabelecimento das condições necessárias para a evaporação do vapor de água, ou seja, apresenta equilíbrio higroscópico. Porém, se o teor de umidade do emboço aumentar acima de certos limites, por exemplo, no caso de ascensão capilar, o desempenho do revestimento sintético texturizado poderá ser comprometido.

6. Conclusão

As análises obtidas nesse estudo de caso indicam que os revestimentos sintéticos texturizados não são indicados para aplicação em substratos sujeitos à umidade constante. Em situações, como a do estudo de caso, onde a substituição do revestimento não era possível, alguns procedimentos corretivos podem ser adotados a fim de mitigar a situação. Cabe ressaltar, no entanto, que a durabilidade do revestimento sintético texturizado dessas regiões pode ser comprometida, uma vez que mesmo após a interrupção das fontes de umidade as condições ambientais favorecem a ação de outros agentes de degradação tais como o desenvolvimento de microrganismos.

7 Referências

AGOSTINO, D. D. Moisture dynamics in an historical masonry structure – the Cathedral of Lecce (South Italy). **Building and Environment**, v. 63, p. 122–133, 2013. DOI: 10.1016/j.buildenv.2013.02.008

ARTGRAN. **Encontre o seu produto**. Disponível em: <<http://www.artgran.com.br/produtos>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.528**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BECERE, O. H. **Revestimentos de ligantes sintéticos**: proposta de métodos de ensaios para avaliação de desempenho. 2007. 202 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2007.

CARRER, P.; WARGOCKI, P.; FANETTI, A.; BISCHOF, W.; FERNANDES, E.; HARTMANN, T.; KEPHALOPOULOS, S.; PALKONEN, S.; SEPPÄNEN, O. What does the scientific literature tell us about the ventilation–health relationship in public and residential buildings?. **Building Environment**, v. 94, n. 1, p. 273–286, Dec. 2015. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.08.011.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. **DIN 18558**: Synthetic resin plasters; terminology, requirements, application. Berlin: DIN, 1985.

HALL, C.; HOFF, W. D. **Water transport in brick, stone and concrete**. London: Taylor & Francis Group, 2002.

HUANG, K. T.; HUANG, W. P.; LIN, T. P.; HWANG, R. L. Implementation of green building specification credits for better thermal conditions in naturally ventilated school buildings. **Building and Environment**, v. 86, p. 141–150, Apr. 2015. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.01.006

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 12572**: Hygrothermal performance of building materials and products -- Determination of water vapour transmission properties. Geneve: ISO, 2001a.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 15148**: Hygrothermal performance of building materials and products -- Determination of water absorption coefficient by partial immersion. Geneve: ISO, 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **NP EN ISO 7783–2**: Tintas e vernizes. Materiais e esquemas de pintura para rebocos exteriores e betão. Parte 2: Determinação e classifi-

cação da velocidade de transmissão de vapor de água (permeabilidade). Geneve: ISO, 2001b.

KARAGIANNIS, N.; KAROGLU, M.; BAKOLAS, A.; MOROPOULOU, A. Building materials capillary rise coefficient: concepts, determination and parameters involved, new approaches to building pathology and durability. In: DELGADO, J. M. P. Q. (Ed.). **New approaches to buildings pathology and durability**. Singapore: Springer, 2016. p. 27-44.

LITTIA, G.; KHOSHDEL, S.; AUDENAERT, A.; BRAET, J. Hygrothermal performance evaluation of traditional brick masonry in historic buildings. **Building and Environment**, v. 105, p. 393-411, 2015. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.07.049

LOURENÇO, P. B.; LUSO, E.; ALMEIDA, M. G. Defects and moisture problems in buildings from historical city centres: a case study in Portugal. **Building and Environment**, v. 41, n. 2, p. 223-234, 2006. DOI: 10.1016/j.buildenv.2005.01.001

PIETRZYK, K. A systemic approach to moisture problems in buildings for mould safety modelling. **Building and Environment**, v. 86, p. 50-60, 2015. DOI: 10.1016/j.buildenv.2014.12.013

ROUSSEAU, M. Z.; DALGLIESH, W. A. Selected findings of an IRC study of the wetting and drying potentials of wood-frame walls exposed to different climates. In: WORLD BUILDING CONGRESS, 16., 2004, Toronto, Canada. **Proceedings...** Rotterdam: CIB, 2004.

SHOEMAKER, R. C.; HOUSE, D. E. Sick building syndrome (SBS) and exposure to water-damaged buildings: time series study, clinical trial and mechanisms. **Neurotoxicology and Teratology**, v. 28, p. 573-588, Sept./Oct. 2006. DOI: 10.1016/j.ntt.2006.07.003

SILVA, A. S.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Performance evaluation of long-term thermal comfort indices in building simulation according to ASHRAE Standard 55. **Building and Environment**, v. 102, p. 95-115, 2016. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.03.004

WEINHOLD, B. A spreading concern inhalational health effects of mold. **Environmental Health Perspectives**, v. 115, n. 6, p. A300-A305, 2007.