ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PROTEÇÃO DE UM SISTEMA DE REVESTIMENTO ARGAMASSADO DE FACHADA COM PINTURA EM RELAÇÃO À CHUVA DIRIGIDA

SANTOS, Alexandre Cordeiro (1); VITTORINO, Fulvio (2)

(1) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., alexcord@ipt.br;

(2) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., fulviov@ipt.br.

Resumo: *Os sistemas de revestimentos das fachadas, como parte integrante da envoltória das edificações, por ficarem expostos às intempéries naturais, sofrem agressões físicas severas decorrentes da ação combinada de chuva e vento. A ação da umidade decorrente da chuva dirigida, acima de certos limites, além de participar ativamente nos processos de degradação dos materiais de construção da envoltória, quando combinada a determinados intervalos de temperatura, pode contribuir para tornar os ambientes internos das edificações susceptíveis ao desenvolvimento de fungos emboloradores, agentes esses que podem comprometer a saúde dos usuários. Este trabalho apresenta os resultados de uma análise da capacidade de proteção de um sistema de revestimento argamassado de fachada com pintura, em relação à chuva dirigida, por meio de simulação computacional. Os resultados permitiram constatar que o sistema de revestimento avaliado apresentou desempenho satisfatório quanto à proteção contra a chuva dirigida. Constatou-se elevado teor de umidade na superfície interna da envoltória, resultante da umidade gerada pela condição ocupada. Os teores de umidade simulados indicam que as superfícies internas são susceptíveis ao desenvolvimento de fungos emboloradores.*

Palavras-chave: Revestimentos*, Umidade, Simulação higrotérmica computacional.*

Área do Conhecimento: *Qualidade e desempenho de produtos e sistemas construtivos – aspectos de desempenho.*

1 INTRODUÇÃO

Os revestimentos das fachadas são os primeiros elementos visíveis de uma edificação como parte integrante de sua envoltória. Portanto, ao ficarem expostos às intempéries naturais, sofrem agressões físicas severas, decorrentes da ação combinada de chuva e vento, considerada por Straube e Burnett (2000) como a maior fonte de umidade na face externa das fachadas de edifícios, pode afetar, diretamente, o desempenho da edificação devido, a infiltração dessa água de chuva dirigida pelo vento. Dependendo da situação, essa penetração de umidade pode chegar até a causar o crescimento de fungos no interior dos recintos. Destaca-se, todavia, que outras fontes de umidade podem atuar nos revestimentos das fachadas, sendo elas: umidade proveniente da execução da construção (pelos exemplos, água utilizada na produção de concreto e argamassas); umidade de ascensão do solo por capilaridade; umidade de condensação; e umidade acidental, que pode ser causada por falhas nos sistemas de instalações hidráulicas, como, por exemplo, os de águas pluviais. Sendo assim, apesar de ser identificado com o maior causador potencial de danos na edificação, o simples fato de ocorrer precipitação, não implica necessariamente em patologias decorrentes da presença de umidades.

Os revestimentos argamassados são porosos e, portanto, permitem a penetração de água tanto no estado líquido como no de vapor. Para proteção contra a entrada e/ou permanência de água nas envoltórias, o revestimento deve ser estanque à água no estado líquido, impedindo a sua percolação, mas permeável ao vapor, para favorecer o processo de secagem da umidade decorrente de infiltração, seja causada pela ação direta do vapor de água, seja pela ação da chuva dirigida (BAÍA e SABBATINI, 2000). Essas características de proteção se tornam mais importantes, quando o edifício está situado em regiões de alto índice de chuvas dirigidas, ou quando não receberão mais qualquer outro tipo de acabamento final, caso do revestimento decorativo monocamada (RDM) (CARASEK, 2017), sendo mais críticas em fachadas situadas em cotas mais elevadas, que recebem maior carga de chuva dirigida por estarem mais desprotegidas, podendo ficar mais vulneráveis à degradação causada pela a ação dessa intempérie

(JÚNIOR e CARASEK, 2011). Na quantificação das cargas de chuvas dirigidas, alguns métodos de cálculos, por exemplo, como os apresentados na norma ASHRAE 160 (ANSI/ASHRAE, 2009), consideram o impacto da altura da edificação.

Uma avaliação aprofundada do desempenho de soluções tradicionais e inovadoras para revestimentos, demanda uma abordagem mais detalhada, do que as atualmente preconizadas na normalização técnica nacional. Isto explica o fato de que, apesar de os revestimentos argamassados já serem utilizados tradicionalmente, os fenômenos físicos que determinam seu comportamento em uso ainda não foram detalhadamente estudados. Kunzel (1995) e Sedlbauer (2001) apresentam ferramentas de simulação computacional para serem empregadas para esse tipo de estudo, que são particularmente adequadas para a avaliação dessas soluções construtivas, uma vez que consideram o caráter dinâmico das trocas simultâneas de calor e massa que ocorrem nas fachadas, bem como a presença de nutrientes para fungos emboloradores.

1.1 Objetivo do trabalho

Identificar a contribuição de cada componente de um sistema de revestimento argamassado com pintura, convencional, na capacidade de proteção à chuva dirigida de uma edificação típica, em São Paulo.

2 MÉTODO DO TRABALHO

Para se analisar o desempenho de uma solução de revestimento argamassado tradicional, definiu-se um apartamento situado em andar elevado (acima de 20 m) de uma edificação padrão com paredes em alvenaria de blocos de concreto revestida internamente com argamassa de gesso. Considerou-se a edificação situada na cidade de São Paulo, em duas condições de exposição de chuva dirigida: uma de grande “agressividade”, correspondente à orientação solar SE, onde, ainda, a incidente radiação solar é baixa no inverno; e, outra, de baixa incidência de chuva dirigida, com maior incidência solar, que é a face N.

Foram utilizados os programas de simulação: EnergyPlus para determinação das condições ambientais internas (temperatura e umidade relativa) e o WUFI-Pro 5.3 para cálculos higrotérmicos (perfis de temperatura e umidade; fluxos de umidade) ao longo de uma seção da parede da envoltória passando pela nervura central do bloco de concreto. Os resultados obtidos no EnergyPlus, foram inseridos como clima interno no WUFI-Pro para os respectivos cálculos higrotérmicos.

Os dados climáticos externos utilizados nessas simulações, TMY-EPW/ANTAC (RORIZ, 2012) da cidade de São Paulo, foram obtidos na página eletrônica do EnergyPlus. O cálculo da chuva dirigida no programa WUFI-Pro, foi realizado conforme modelo da norma 160P da American Society For Heating, Refrigerating and Airconditioning Engineers (2009) e as condições iniciais foram: temperatura 20°C e umidade relativa 80%. O período das simulações higrotérmicas foi de três anos e consideraram-se os resultados do terceiro ano.

A determinação das condições ambientais internas das soluções construtivas no programa EnergyPlus, foi adaptada da Diretriz SINAT nº001 - Anexo A – “Procedimento para simulação computacional de taxa de condensação por ano”, que estabelece as regras e premissas para realização de simulação computacional considerando um projeto padrão. Nessa determinação foi considerado o sistema Air flow Net Work, apartamento ocupado com ventilação que ocorre através da metade da área total das janelas, por um período de 08 horas.

As camadas da parede de envoltória da solução construtiva (S1) avaliada nas simulações computacionais foram: tinta látex acrílica *premium* + arg. industrializada cinza + bloco de concreto (14 cm x 19 cm x 39 cm) + revestimento de gesso (int.) + látex acrílica econômica (int.). Na Tabela 1 constam das propriedades higrotérmicas dos materiais que constituem as soluções construtivas selecionadas.

Tabela 1 - Propriedades higrotérmicas básicas dos materiais

Propriedades	Materiais das camadas dos sistemas					Método/ Fonte
	Tinta látex acrílica *premium*	Tinta látex acrílica econômica	Emboço Industr.	Bloco de concreto	Arg. de gesso	
Espessura *(mm)*	*0,09*	*0,09*	*15*	*140*	*10*	Adapt. NBR 13280:2005
Densidade de massa no estado endurecido *(kg/m³)*	*1200*	*1150*	*1800*	*2007*	*1200*	NBR 13280:2005
Condutividade térmica *(W/(m.K))*	*0,22*	*0,22*	*1,15*	*1,5*	*0,70*	NBR 15220-2: 2005
Calor específico *(J/(kg.K))*	*1600*	*1600*	*1000*	*1000*	*840*	NBR 15220-2: 2005
Porosidade *(m³/m³)*	*0,38*	*0,41*	*0,39*	*0,23*	*0,41*	ASTM D4404: 2010
Fator de resistência à difusão do vapor de *[-]*	*667*	*111*	*10*	*14*	*10*	EN ISO 12572: 2001
Coeficiente de absorção de água *(kg/(m².s$^{1/2}$))*	*0,0002*	*0,02*	*0,07*	*1,01*	*0,303*	EN ISO 15148: 2002

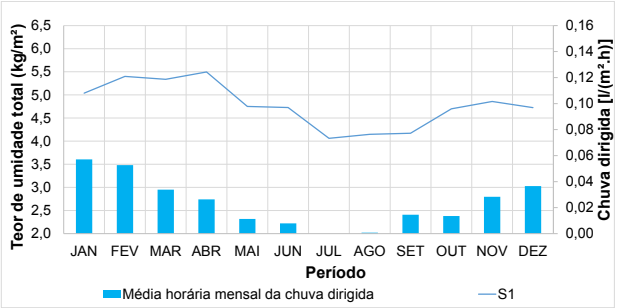
Fonte: Autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Teor de umidade em função da chuva dirigida

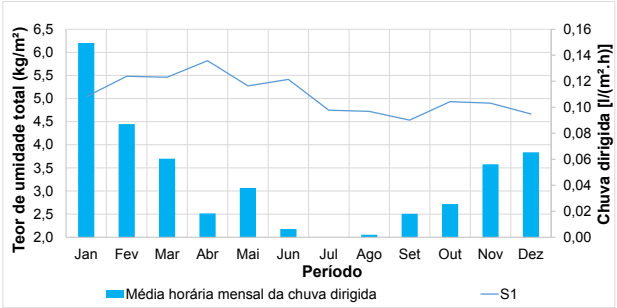
Na Figura 1 e na Figura 2 são apresentados os resultados da média mensal dos valores do teor de umidade total da parede em função da chuva dirigida, respectivamente para as orientações N e SE. Verifica-se que a variação do teor de umidade nas Norte e Sudeste não foi significativa. Isso demonstra que o sistema construtivo oferece boas condições de proteção quanto a entrada e permanência de umidade no sistema de revestimento da envoltória.

Figura 1 - Teor de umidade total da parede x chuva dirigida (N)



Fonte: Autor

Figura 2 - Teor de umidade total da parede x chuva dirigida (SE)



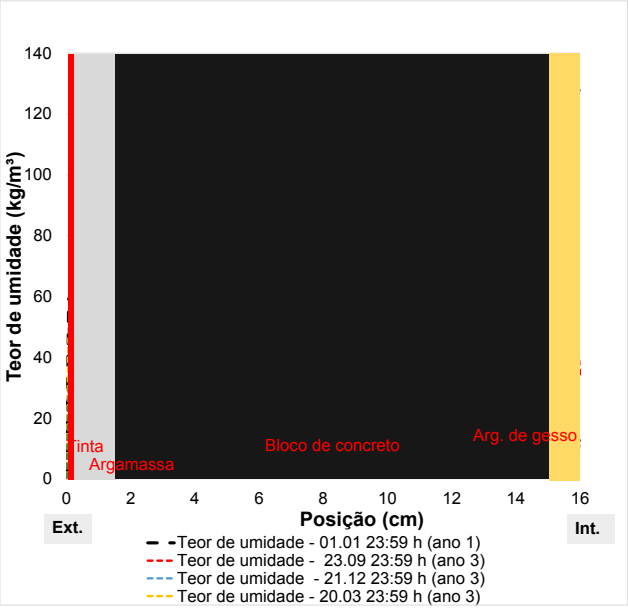
Fonte: Autor

3.2 Perfis de umidade na parede

Na Figura 3 e na Figura 4 são apresentados os perfis de umidade ao longo da seção das paredes do sistema, no horário de início dos solstícios e dos equinócios. No meio da nervura até a interface bloco-argamassa de revestimento externa, verifica-se que o teor de umidade permanece praticamente constante, indicando que nem a umidade proveniente do interior da edificação e nem a proveniente do meio externo atingiram essa região. Do centro da nervura até a face interna da parede, têm-se variações de teor de umidade que são atribuídos à condensação superficial e seu transporte. Ao longo da argamassa de

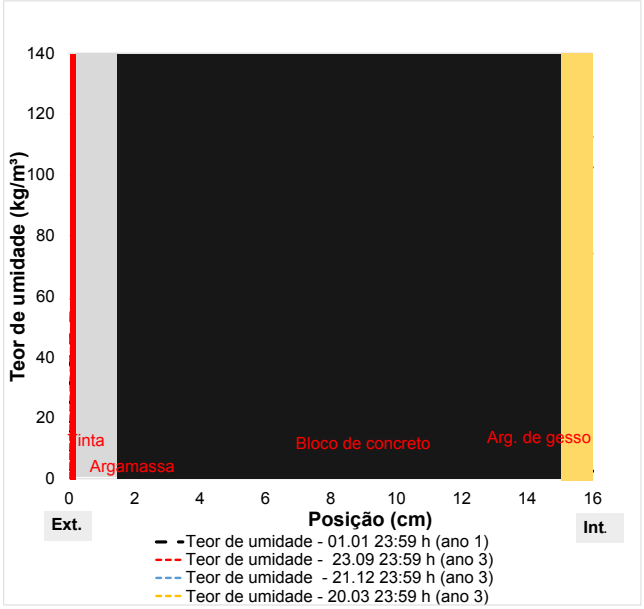
revestimento externa, o perfil de umidade final das simulações mostrou valores menores do que os iniciais, indicando que, praticamente, não ocorre penetração de chuva dirigida devido ao comportamento da tinta e que a sua permeabilidade permitiu a migração do vapor de água do interior da argamassa para o meio externo. Destaca-se, ainda que o teor de umidade na argamassa de revestimento interno na face SE é maior que o obtido na face N, devido ao período de condensação mais prolongado causado pelas menores temperaturas internas dos recintos, decorrentes da menor incidência de radiação solar no inverno.

Figura 3 - Perfis de umidade na parede (N)



Fonte: Autor

Figura 4 - Perfis de umidade na parede (SE)

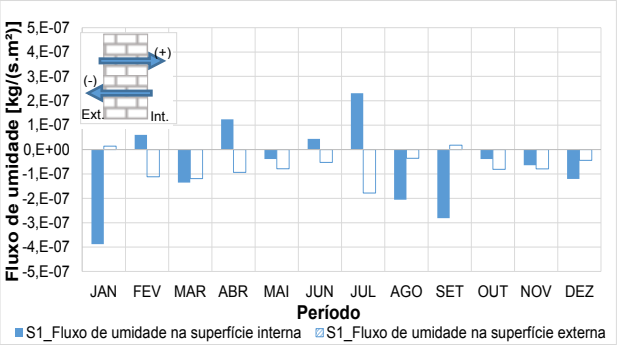


Fonte: Autor

3.3 Fluxos de umidade

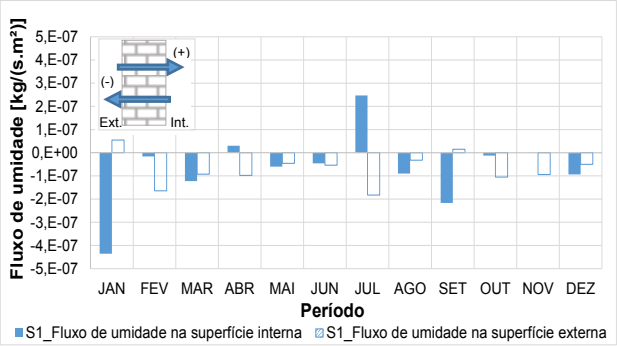
Na Figura 5 e na Figura 6, os fluxos positivos significam que a migração de umidade ocorreu no sentido do exterior para o interior do edifício e os fluxos negativos significam que a migração de umidade ocorreu no sentido do interior para o exterior do edifício. Nas duas orientações, os fluxos positivos não foram significativos, ou seja, o sistema de revestimento com pintura da fachada protegeu da entrada de umidade. No ambiente interno houve bastante produção de vapor, que justifica maior densidade de fluxo de umidade na superfície interna da parede. A superfície interna da parede possui pintura bastante permeável, numa situação como essa, em que há bastante produção de vapor no ambiente interno da edificação, a parede absorve parte dessa umidade e quando a umidade do ambiente diminui, parte da umidade da parede é liberada.

Figura 5 - Fluxos de umidade médio mensal nas superfícies da parede (N)



Fonte: Autor

Figura 6 - Fluxos de umidade médio mensal nas superfícies da parede (SE)



Fonte: Autor

4 CONCLUSÕES

Os perfis de umidade demonstram que não houve a penetração de umidade de chuvas para a superfície interna da parede, mesmo quando exposta a condições de maior chuva dirigida e menor radiação solar; a saber, na orientação Sudeste da cidade de São Paulo, dado que não houve variação no teor de umidade do centro do bloco de concreto até a sua interface com a argamassa de revestimento externa, bem como o teor de umidade dessa argamassa externa diminui ao longo do tempo. Esses resultados demonstram que o bom desempenho do sistema de revestimento argamassado convencional, em termos de proteção da alvenaria à ação de chuva, deve-se ao comportamento da pintura empregada.

Cabe destacar que o elevado teor de umidade observado na superfície interna da envoltória não foi por falhas do sistema, mas por conta da umidade resultante da ocupação. Essa situação torna a superfície mais susceptível ao surgimento de fungos emboloradores fenômeno não abordado neste trabalho. Tal tema, juntamente com estudo de outros sistemas de revestimento inovadores, aplicados sobre diversas alvenarias, será alvo da continuidade dessa linha de pesquisa.

5 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **Standard 160P**: criteria for moisture-control design analysis in buildings. Atlanta: ASHRAE, 2009. Chapter 06.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING. **D4404** Determination of Pore Volume and Pore Volume Distribution of Soil and Rock by Mercury Intrusion Porosimetry. Philadelphia: ASTM, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa no estado endurecido. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____**NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005

BRITISH STANDARD INSTITUTION. **EN ISO 12572**: Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of water vapour transmission propertie. Brussels: BSI, 2001.

_____**EN ISO 15148**: Higrothermal Performance of Buildings Materials and Products: Determination of Water Absorption Coefficient by Partial Immersion. Brussels: BSI, 2002

STRAUBE, J. F.; BURNETT, E. F. P. Simplified prediction of driving rain on buildings. In: INTERNATIONAL BUILDING PHYSICS CONFERENCE, 2000, Eindhoven, Netherlands. **Proceedings...** Eindhoven: [s.n.], 2000. p. 375-382.

BAÍA, L. L. R.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa.** 4. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000. 13 p.

CARASEK, H. Argamassas**. In: _____. Materiais de construção civil e princípios de ciência de engenharia de materiais.** 3. ed. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2017. v. 2, cap. 28.

MELO JÚNIOR, C. M.; CARASEK, H. Índices de chuva dirigida direcional e análise do nível de umedecimento em fachadas de edifício multipavimentos em Goiânia, GO. **Ambiente Construído, v. 11, n. 3, p. 23-37, jul./set. 2011.**

RORIZ, M. **Roriz Bioclimática.** 2012b. Disponível em: <http://www.roriz.eng.br/index.html>. Acesso em: 12 jun. 2017.

SEDLBAUER, K. **Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen.** 2001. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Fakultät Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Stuttgart, Stuttgart, 2001.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos. **Diretriz SINAT nº001**- **Revisão 03 - Diretriz para Avaliação Técnica de paredes estruturais de concreto moldadas no local (Concreto Leve ou Concreto Reforçado com Fibra de Vidro).** Brasília: SINAT, 2017.

KÜNZEL, H. M. **Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components. One and two dimensional calculation using simple parameters.** Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 1995. 65 p.