CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE BARREIRAS RESISTENTES À ÁGUA PARA APLICAÇÃO EM FACHADAS NO BRASIL

SILVA, Fernanda Belizario (1); OLIVEIRA, Luciana Alves de (2)

(1) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, fbsilva@ipt.br

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

Resumo: *Barreiras resistentes à água, também denominadas de retardadores ou barreiras de vapor, tem sido introduzidas no mercado brasileiro como parte integrante de sistemas construtivos inovadores, para proteger determinados componentes construtivos da degradação por umidade. Entretanto, ainda não há critérios para sua correta especificação em âmbito nacional. O presente artigo explora os principais aspectos relativos às barreiras resistentes à água, por meio de uma revisão bibliográfica que contemplou uma análise de suas características técnicas e a interação com o comportamento higrotérmico da envoltória. As barreiras resistentes à água são constituídas de materiais com baixa absorção e uma estrutura de poros que permite a difusão de vapor, havendo materiais com diferentes níveis de permeância ao vapor, inclusive com características adaptativas. A resistência à penetração de água e a permeância ao vapor d'água das barreiras podem ser determinadas experimentalmente. O comportamento higrotérmico das fachadas pode ser avaliado por simulação computacional, que permite avaliar alternativas de materiais e o melhor posicionamento das barreiras no conjunto. Observa-se a necessidade de desenvolvimento de critérios técnicos, tais como tempo máximo de exposição dos materiais à umidade, para possibilitar a correta interpretação dos resultados das simulações higrotérmicas e seu aproveitamento para avaliação da durabilidade das fachadas.*

Palavras-chave: *fachada, barreira resistente à água, retardador de vapor, barreira de vapor.*

Área do Conhecimento: Tecnologia de componentes para construção

1 INTRODUÇÃO

Barreiras resistentes à água, também conhecidas como "barreiras impermeáveis à água e permeáveis (ou impermeáveis) ao vapor d'água" ou "*building wraps*", são filmes ou membranas que fazem parte de paredes e coberturas, com a função de impedir a penetração de água líquida e regular (ou bloquear) a transmissão de vapor d'água por estes elementos da envoltória dos edifícios. Estas barreiras possuem um longo histórico de uso no exterior, sobretudo em países de clima frio, e foram recentemente introduzidas no Brasil como parte integrante de alguns sistemas construtivos considerados inovadores, com o objetivo de proteger componentes destes sistemas contra a degradação por ação da umidade (por exemplo, corrosão de perfis metálicos e biodeterioração de elementos de madeira) (BOMBERG; SHIRTLIFFE, 2009; BRASIL, 2016a, 2016b, 2017).

Entretanto, ainda não se dispõe de recomendações sobre como especificar corretamente estas barreiras no Brasil, sobretudo considerando-se as diversas zonas bioclimáticas existentes no país (ABNT, 2013), sendo frequente a extrapolação de especificações originárias de outros países. Entretanto, a adoção de especificações desenvolvidas para condições climáticas diferentes pode levar a um desempenho inadequado deste componente e da envoltória como um todo (LSTIBUREK, 2005). Existem barreiras compostas de diferentes materiais, com diferentes níveis de permeância ao vapor d'água, bem como diversas opções para posicionamento destas barreiras na envoltória. Portanto, é necessário compreender como essas características das barreiras resistentes à água interferem no comportamento higrotérmico do edifício.

O objetivo deste trabalho é discutir as principais características das barreiras resistentes à água e sua interação com a avaliação do comportamento higrotérmico de fachadas, considerando-se o contexto

brasileiro. Busca-se, com isso, contribuir com o avanço do conhecimento no que diz respeito à especificação destes componentes construtivos no Brasil.

2 MÉTODO

Este trabalho se baseia em uma revisão bibliográfica. Utilizou-se como ferramenta de busca a base de dados Scopus, inicialmente com as palavras-chave "*vapor barrier*", "*vapor retarder*", "*weather barrier*" e "*building wrap*". Após a leitura das primeiras referências encontradas, constatou-se que o termo técnico mais frequentemente utilizado para designar este componente é "*water resistive barrier*" (barreira resistente à umidade) e que também pode ser utilizado o termo "*air barrier*", os quais foram adicionados às palavras chave da busca. Procurou-se cobrir aspectos relativos aos tipos de barreiras existentes, às suas principais características técnicas e respectivas formas de determinação, e à relação destas características com a avaliação do comportamento higrotérmico da envoltória do edifício. Observa-se que este trabalho tem o escopo restrito a fachadas, não contemplando a aplicação das barreiras resistentes à água em coberturas, o que também é possível.

3 ASPECTOS RELATIVOS ÀS BARREIRAS RESISTENTES À ÁGUA

As barreiras resistentes à água, de um modo geral, devem servir como uma segunda linha de defesa contra a penetração de água líquida na fachada, sendo que a primeira barreira cabe ao revestimento externo. Além disso, no caso de haver penetração de água – o que pode ocorrer por fissuras existentes no revestimento, por juntas ou pela absorção de água por capilaridade do revestimento externo – a barreira deve permitir a secagem da parede, o que normalmente ocorre pela evaporação da água ali aprisionada (ou pelo escorrimento da água líquida no plano da barreira, o que requer que haja um espaço entre a barreira e o revestimento externo). Para isso, a barreira deve permitir a difusão de vapor d'água (BUTT, 2005).

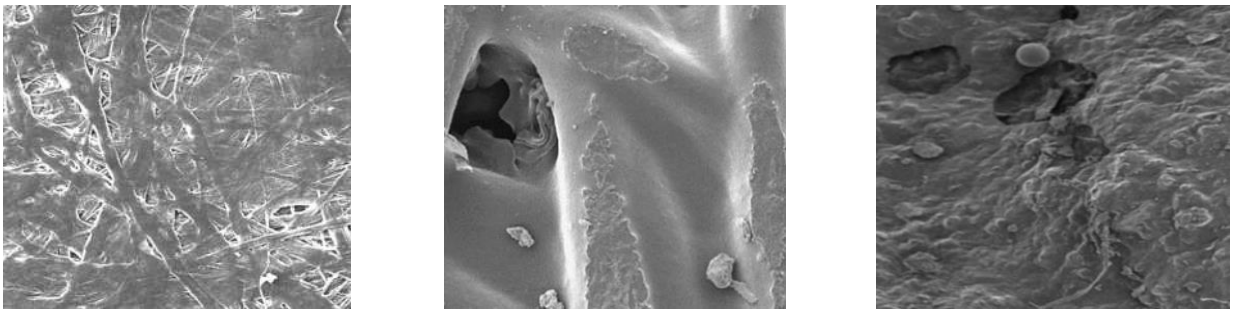
Por outro lado, membranas que permitem a difusão de vapor podem aumentar o risco de condensação do vapor d'água que adentra nas cavidades das envoltórias. A condensação ocorre quando a pressão parcial de vapor d'água se iguala à pressão de saturação de vapor (quantidade máxima de água que pode estar contida no ar), sendo que a pressão de saturação reduz com a redução da temperatura. Por isso, a condensação é uma preocupação em locais de clima frio, com a transmissão de vapor do ar interno para as cavidades e a condensação do vapor em contato com a parte externa da envoltória; ou em climas quentes e muito úmidos, com a passagem de vapor d'água externo e condensação em contato com a parte interna da envoltória em ambientes condicionados (KUNZEL, 2005). Por isso, é necessário compreender o funcionamento das barreiras resistentes à água e suas características técnicas, bem como as condições climáticas às quais o edifício está exposto, para efetuar uma especificação adequada. Os itens subsequentes tratarão destes pontos.

3.1 Composição das barreiras resistentes à água

As barreiras resistentes à água são usualmente compostas de uma matriz de fibras hidrofóbicas, formando pequenos poros, que não permitem a passagem de gotículas de água, mas são maiores do que as moléculas de vapor d'água. Além disso, os poros não são alinhados, de modo a minimizar a absorção de água por capilaridade. Os exemplos mais comuns deste tipo de barreira são as membranas compostas por fibras celulósicas impregnadas com asfalto ou por fibras poliméricas (Figura 1a) e os filmes poliméricos microperfurados (Figura 1b) (BAKER; BOMBERG, 2005; BOMBERG; SHIRTLIFFE, 2009). Há membranas e filmes que são texturizados (ondulados, ranhurados, com estrutura tridimensional, entre outros), de modo a formar canais para maximizar a evaporação de água por ventilação (JABLONKA; KARAGIOZJS; STRAUBE, 2010; WILLIAMS, 2010).

Outra opção são as barreiras líquidas (Figura 1c), constituídas de materiais com baixa absorção de água e porosidade adequada às características desejadas destas barreiras (WISSINK; BASHAW; RUGGIERO, 2014). Há ainda as barreiras resistentes à água adaptativas ou "inteligentes", feitas de materiais que aumentam a permeância ao vapor d'água em ambientes de alta umidade relativa do ar, pois ao absorverem esta umidade, estes materiais exibem um aumento no tamanho dos seus poros – um exemplo é o nylon-6. Desse modo, as barreiras inteligentes maximizam a capacidade de secagem em ambientes úmidos, retornando a um nível de permeância menor quando a umidade relativa do ar está mais baixa, minimizando assim o risco de condensação (KUNZEL, 2005; MUKHOPADHYAYA et al., 2010).

Figura 1 - Exemplos de microestrutura das barreiras resistentes à água: a) fibras de poliolefina não tecidas; b) filme de polipropileno perfurado; c) barreira líquida.



(a) (b) (c)

Fonte: Adaptado de (BAKER; BOMBERG, 2005).

De um modo geral, observa-se que a permeância ao vapor d'água depende da quantidade de poros, do seu tamanho (variável no caso das barreiras adaptativas) e de sua distribuição. Desse modo, existem barreiras com diversos níveis de permeância ao vapor d'água. Nos Estados Unidos, preveem-se quatro classes de permeância, descritas em função da grandeza "perm", que equivale a 5,72 x 10^{-8} g/(s.m²): 1) impermeável: permeância ≤ 0,1 perm; 2) semi-impermeável: 0,1 perm < permeância ≤ 1 perm; 3) semi-permeável: 1 perm < permeância ≤ 10 perm; 4) permeável: permeância > 10 perm (WAGNER; YEE; BRASSEUR, 2017). Embora essas classes ilustrem as diferenças de permeância entre barreiras, elas não estão atreladas a nenhum critério de desempenho ou de projeto, tendo pouco significado prático.

3.2 Características das barreiras resistentes à água

As duas principais características das barreiras resistentes à água relacionadas à sua função de regulação das trocas de umidade em fachadas são a permeância ao vapor d'água e a resistência à passagem de água líquida.

A permeância ao vapor d'água (W) pode ser definida como a taxa de transmissão de vapor d'água por unidade de área, induzida por uma diferença unitária de pressão de vapor d'água, em determinadas condições de temperatura e umidade, sendo expressa na unidade kg/(s.m².Pa). A permeabilidade (δ) é a permeância do material multiplicada pela sua espessura (kg/(s.m.Pa)). Outras características frequentemente citadas em publicações sobre barreiras resistentes à água, sobretudo as europeias, são o fator de resistência ao vapor d'água (μ), que é a razão entre a permeabilidade ao vapor do ar em relação à permeabilidade ao vapor do material em análise (adimensional); e a camada de ar equivalente (S_d), que é o fator de resistência ao vapor d'água multiplicado pela espessura do material (KÜNZEL, 1995).

A permeância ao vapor d'água pode ser medida por meio de ensaios, tais como os definidos pela ASTM E96 (ASTM, 2016) e a ISO 12572 (ISO, 2017), que consistem basicamente em posicionar a barreira resistente à água entre duas atmosferas (de alta e de baixa umidade relativa do ar) e medir a quantidade de umidade transmitida em um determinado tempo. Observa-se que ambas as normas apresentam duas alternativas de medição: copo com água (*wet cup*) e copo com dissecante (*dry cup*), sendo que os resultados obtidos por estas alternativas não são equivalentes, devendo-se escolher aquela que seja mais próxima da condição de uso da barreira impermeável (se a barreira estiver em contato direto com a umidade, indica-se o método do copo com água, por exemplo).

A resistência à passagem de água líquida também pode ser avaliada por ensaio, seja por aplicação de uma determinada pressão hidrostática e observação da ocorrência de vazamentos, como na AATCC 127 (AATCC, 2003) ou na CMCC (BUTT, 2005) ou pela avaliação da absorção por capilaridade conforme ISO 15148 (ISO, 2016). O coeficiente de absorção de água por capilaridade (A_w) representa o acréscimo de água por absorção capilar de um material, por unidade de área, em função da raiz quadrada do tempo (o que resulta em um gráfico com uma reta), expresso, portanto, na unidade kg/(m²√s). Quanto menor a passagem de água líquida, melhor o desempenho da barreira resistente à água.

3.3 Especificação das barreiras resistentes à água

Fachadas de edifícios estão sujeitas à incidência de chuva dirigida, orvalho, pressão de vento, mudanças de temperatura (tanto externa quanto interna), umidade gerada nos ambientes internos (ex.:

cocção, banho), entre outros. Algumas destas solicitações apresentam variações diárias, enquanto outras apresentam variações sazonais, em um maior intervalo de tempo. Ao mesmo tempo, observa-se que as características dos materiais relacionadas aos mecanismos de transporte de água – absorção de água por capilaridade e permeância ao vapor d'água – são também dependentes do tempo. Portanto, constata-se que a transmissão de umidade em elementos construtivos é um fenômeno dinâmico (TRECHSEL; BOMBERG; ACHENBACH, 2009).

Existem ferramentas de simulação computacional que avaliam o transporte de umidade nos elementos construtivos ao longo do tempo, considerando-se os mecanismos simultâneos de absorção de água líquida e difusão de vapor d'água, bem como as variáveis ambientais – um exemplo é o software WUFI® (KÜNZEL, 1995). Estas ferramentas permitem, por exemplo, identificar os momentos em que há potencial para condensação de água, bem como por quanto tempo os materiais de uma parede permanecem úmidos (e em qual teor de umidade). Com base nas características técnicas dos materiais que compõem a parede, é possível simular diversas opções de barreiras resistentes à água, incluindo tipos de material e posicionamento na fachada, para definir a melhor composição. Além disso, estas simulações podem embasar a avalição do risco de degradação dos materiais por exposição à umidade. Observa-se, no entanto, que ainda há poucos critérios quantitativos sobre a degradação dos materiais com relação ao teor de umidade e tempo de exposição, sendo necessário desenvolvê-los.

Com relação ao posicionamento das barreiras resistentes à água em fachadas, dependendo das condições ambientes e das características dos materiais, pode-se optar por instalar barreiras para bloquear os fluxos de água e vapor d'água nos elementos de envoltória em determinado sentido, ou optar por manter as paredes respiráveis, em uma condição de balanço de umidade. Além disso, recomenda-se a inclusão de um espaçamento entre o revestimento externo e a barreira resistente à água para evitar a migração de água por capilaridade, idealmente ventilado para também permitir sua secagem (TRECHSEL; BOMBERG; ACHENBACH, 2009; WAGNER; YEE; BRASSEUR, 2017). Em climas quentes e úmidos, normalmente são recomendadas composições de envoltória com barreiras resistentes à água, com um determinado nível de permeância ao vapor, posicionadas entre a cavidade da parede e os elementos da face exterior (para permitir a difusão de vapor para o lado interno e secagem da parede), ou composições sem tais barreiras, totalmente respiráveis – estas últimas no caso de não haver materiais sensíveis à umidade na composição da parede. Barreiras de vapor posicionadas sob os elementos da face interna das envoltórias devem ser evitadas (com exceção a ambientes internos úmidos), pois comprometem a capacidade de secagem das paredes (LSTIBUREK, 2005; WESTON et al., 2010).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As barreiras resistentes à água podem contribuir para um melhor comportamento higrotérmico e durabilidade das fachadas, sobretudo quando há componentes que podem sofrer degradação por umidade. Dado que existem diversos tipos de materiais com diferentes níveis de permeância ao vapor d'água, é fundamental avaliar as suas características técnicas, as quais podem ser determinadas experimentalmente; e sua interação com os demais materiais que integram as paredes, por meio principalmente de simulações computacionais, de modo a obter um desempenho adequado.Observa-se a necessidade de desenvolvimento de critérios de desempenho, tais como: teores máximos de umidade que os materiais de construção podem exibir, intervalos máximos de tempo em que tais teores podem persistir, intervalos máximos de tempo ou número máximo de eventos de condensação intersticial, entre outros, para possibilitar a correta interpretação dos resultados das simulações higrotérmicas e subsidiar assim as especificações técnicas e o desenvolvimento de tecnologias neste campo.

5 REFERÊNCIAS

AATCC. **AATCC Test Method 127-2003: Water Resistance: Hydrostatic Pressure TestAATCC Technical Manual**, 2003. Disponível em: <http://www.safequipment.com/DATA_BAG/SC_Files/7/310574337737/f0.pdf>

ABNT. **ABNT NBR 15575-1 - Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. [s.l: s.n.].

ASTM. **ASTM E96/E96M-16: Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials**West ConshohockenASTM, , 2016.

BAKER, F.; BOMBERG, M. The Functional Requirements for Water Resistive Barriers Exposed to Incidental Water Leakage, Part 2: Testing Materials. **Journal of Testing and Evaluation**, v. 33, n. 3, p.

12583, 2005.

BOMBERG, M. T.; SHIRTLIFFE, C. J. Hygrothermal characteristics of materials and components used in building enclosures. In: TRECHSEL, H. R.; BOMBERG, M. T. (Eds.). . **Moisture Control in Buildings: The Key Factor in Mold Prevention**. 2. ed. West Conshohocken: ASTM International, 2009. p. 16–36.

BRASIL. **Diretriz SiNAT nº 003 - Rev. 2. Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo "Light Steel Framing")**Brasília, 2016a. Disponível em: <http://app.cidades.gov.br/catalogo/_catalogos/inovador/diretriz/Diretriz_SINAT_003_R002.pdf>

BRASIL. **Diretriz SiNAT nº 009 - Rev. 01. Sistema de vedação vertical externa, sem função estrutural, multicamadas, formado por perfis leves de aço zincado e fechamentos em chapas delgadas com revestimento de argamassa (fachada leve em steel frame)**Brasília, 2016b. Disponível em: <http://app.cidades.gov.br/catalogo/_catalogos/inovador/diretriz/Diretriz_SINAT_003_R002.pdf>

BRASIL. **Diretriz SiNAT nº 005 - Rev. 02. Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (sistemas leves tipo "light wood framing")**Brasília, 2017.

BUTT, T. Water Resistance and Vapor Permeance of Weather Resistive Barriers. **Journal of ASTM International**, v. 2, n. 10, p. 12495, 2005.

ISO. **ISO 15148 - Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of water absorption coefficient by partial immersion (Amendment 1)**, 2016.

ISO. **DIN EN ISO 12572 - Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of water vapour transmission properties - Cup method**BerlinDIN, , 2017.

JABLONKA, M.; KARAGIOZJS, A.; STRAUBE, J. **Innovative Passive Ventilation Water-Resistive Barriers - How Do They Work?** Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings - 11th International Conference. **Anais**...Clearwater: 2010Disponível em: <https://beta.buildingscience.com/documents/reports/rr-1010-innovative-passive-ventilation-water-resistive-barriers-how-do-they-work/files/RR-1010_Innovative_Passive_Ventilation_Water_Resistive_Barriers.pdf%5Cnpapers3://publication/uuid/B5D8E83B-3B44-4C06->

KUNZEL, H. M. **Adapted vapour control for durable building enclosures**. 10th DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components. **Anais**...Lyon: 2005

KÜNZEL, H. M. **Simultaneous heat and moisture transport in building components: one- and two-dimensional calculation using simple parameters**. Stuttgart: Fraunhofer IBR Verlag Stuttgart, 1995.

LSTIBUREK, J. W. Understanding air barriers. **ASHRAE Journal**, v. 47, n. 7, p. 24–30, 2005.

MUKHOPADHYAYA, P. et al. **Accelerated Aging Performance Evaluation of "Smart Vapor Retarder"**. Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings - 11th International Conference. **Anais**...Clearwater: 2010

TRECHSEL, H. R.; BOMBERG, M. T.; ACHENBACH, P. R. General principles for design of building enclosures with considerationof moisture effects. In: TRECHSEL, H. R.; BOMBERG, M. T. (Eds.). . **Moisture Control in Buildings: The Key Factor in Mold Prevention**. 2. ed. West Conshohocken: ASTM International, 2009. p. 228–242.

WAGNER, A.; YEE, S.; BRASSEUR, M. What does "perm" mean? The difference between permeability and water vapor transmission rates in air barrier materials. **ASTM Special Technical Publication**, v. STP 1599, p. 28–49, 2017.

WESTON, T. A. et al. Evaluation of Cladding and Water-Resistive Barrier Performance in Hot-Humid Climates Using a Real-Weather, Real-Time Test Facility. **Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings XI International Conference**, n. Lstiburek 2004, 2010.

WILLIAMS, M. F. Evaluating drainage characteristics of water resistive barriers as part of an overall durable wall approach for the building enclosure. **ASTM Special Technical Publication**, v. 1509 STP, n. 7, p. 139–156, 2010.

WISSINK, K. S.; BASHAW, L. K.; RUGGIERO, S. S. Comparative Analysis of Fluid-Applied Air Barrier Products. In: **Building Walls Subject to Water Intrusion and Accumulation: Lessons from the Past and Recommendations for the Future**. 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959: ASTM International, 2014. p. 187–201.