4° Workshop de tecnologia de sistemas e processos construtivos
TECSIC 2023

Porto Alegre, RS, Brasil, 23 e 24 de agosto de 2023

Avaliação do teor de umidade e umidade relativa em sistemas de *light wood frame*

Evaluation of moisture content and relative humidity in light wood frame systems

Arthur Paulo Ozelame Bastos
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT | São Paulo | Brasil | arthur.oze@gmail.com
Luciana Alves de Oliveira
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT | São Paulo | Brasil | luciana@ipt.br

Resumo

A adequada gestão da umidade em sistemas construtivos é fator fundamental para a garantia de desempenho, prevenção de patologias e segurança no uso ao longo do período de vida útil das edificações. Nas últimas décadas, tem sido crescente no Brasil a inserção de novos sistemas construtivos, entre eles, sistemas leves como o light wood frame (LWF), os quais usualmente utilizam barreiras de vapor em sua composição. Neste sentido, este trabalho visa investigar, por meio de simulações higrotérmicas, a influência do tipo de diferentes barreiras de vapor para superfícies internas de áreas molhadas, avaliando a influência no teor de umidade e na umidade relativa de camadas de contraventamento interno em paredes de fachada, para a zona Bioclimática 1. Os resultados demonstram que a presença de diferentes barreiras de vapor influencia os valores de umidade relativa e teor de umidade, tanto quando do uso de chapas de contraventamento em OSB quanto em compensado. Desta forma, visa-se auxiliar à predição, a nível de projeto, dos teores de umidade e umidade relativa que os componentes do sistema estarão submetidos, em função do tipo da barreira de vapor e das condições climáticas às quais os sistemas estarão expostos.

Palavras-chave: Desempenho higrotérmico. Barreiras de vapor. Light wood frame.

Abstract

Adequate moisture management in building systems is a key factor for guaranteeing performance, preventing pathologies and safe use throughout the useful life of buildings. In the last decades, the insertion of new construction systems has been growing in Brazil, including

Como citar:
BASTOS, A. P. O.; OLIVEIRA, L. A. de Avaliação do teor de umidade e umidade relativa em sistemas de *light wood frame*. TECSIC 2023. In: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE SISTEMAS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS, 23 e 24 AGO 2023, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 88-95.

light systems such as the light wood frame (LWF), which usually use vapor barriers on its composition. In this sense, this work aims to investigate, through hygrothermal simulations, the influence of the type of different vapor barriers for internal surfaces in wet areas, evaluating the influence on the moisture content and relative humidity of internal sheathing boards on façade walls, for the bioclimatic zone 1. The results demonstrate that the presence of different vapor barriers influences the values of relative humidity and moisture content, both when using OSB and plywood sheathing boards. In this way, the aim is to help predict, at design level, the moisture content and relative humidity that the system components will be subjected to, depending on the type of vapor barrier and the climatic conditions to which the systems will be exposed.

Keywords: Hygrothermal performance. Vapor barriers. Light wood frame.

1 INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento higrotérmico em sistemas de Light Wood Frame (LWF) ocorre há décadas em países com climas frios, como em países europeus e da América do Norte, onde este sistema construtivo é consolidado (PASZTORY *et al*, 2012; MUNDT-PETERSEN, 2013). Porém, no Brasil, há carência de estudos de avaliação do comportamento higrotérmico destes sistemas, que contemplem características específicas dos climas nacionais e que sirvam como parâmetro para a correta especificação dos componentes do sistema LWF, dado o crescente uso de sistemas leves no Brasil, observado na última década.

Como material típico utilizado para o controle de umidade em sistemas de LWF, estão as barreiras de vapor. Uma barreira de vapor pode ser compreendida como qualquer material utilizado para proteção contra a passagem de umidade no estado líquido e a regulação, em diferentes intensidades, da passagem do fluxo de vapor. São, tipicamente membranas sólidas ou filmes finos de materiais plásticos ou de tecidos sintéticos. Conforme Quiroutte (1985), a principal função de uma barreira de vapor é impedir ou retardar a passagem de umidade por difusão através das camadas dos elementos componentes em uma parede.

A Diretriz SiNAT 005-Rev03 (2020), atual documento técnico norteador para especificação e validação técnica de sistemas construtivos em LWF, traz lacunas quanto ao uso de barreiras de vapor em áreas molhadas, podendo levar à especificação de materiais sem a devida validação técnica de uso e/ou garantia de efetividade. Uma vez que o quadro estrutural do sistema em LWF é composto por chapas de madeira suscetíveis a variações de umidade, é necessário que sejam investigados os riscos associados ao acúmulo indevido de umidade, de forma a serem evitadas configurações que possam causar patologias e possíveis reduções em propriedades mecânicas e deterioração destes elementos e, consequentemente, redução da vida útil do sistema. Considerando este contexto, o objetivo deste artigo é mostrar a influência de diferentes barreiras de vapor nos teores de umidade e umidade relativa em chapas de madeira de contraventamento da face interna das vedações verticais formadas por LWF, em áreas molhadas, para a zona bioclimática 1 (ABNT NBR 15220-3 (2005)). A Figura 1 ilustra a região avaliada de área molhada nas simulações higrotérmicas.

Figura 1: Exemplo de área molhada de edificação térrea com revestimento cerâmico parcial. As áreas destacadas indicam os pontos de monitoramento considerados nas simulações termoenergéticas e higrotérmicas conduzidas neste trabalho



Fonte: Portal ITeleport (2022).

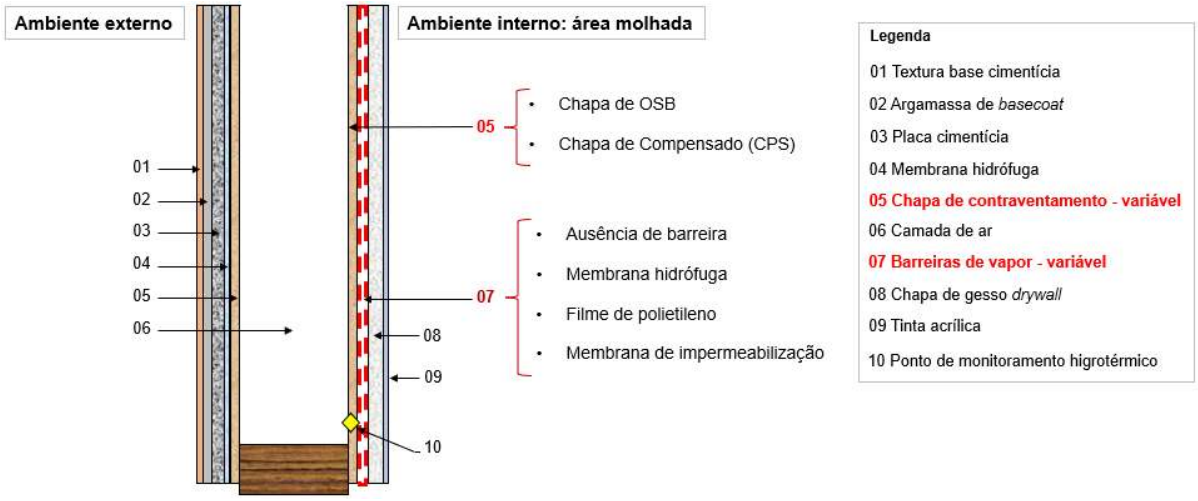
2 MÉTODO

Utilizando-se de simulações higrotérmicas através do software WUFI Pro 6.5, foram analisados os valores de umidade relativa e de teor de umidade nas chapas de contraventamento interno da seção de uma parede de fachada de banheiro em LWF. Uma vez que as chapas de contraventamento interno para sistemas de LWF podem ser constituídas por chapas de OSB ou de compensado (CPS), além da análise de diferentes barreiras internas de vapor, os sistemas analisados também consideraram a variação da natureza destas chapas, sendo considerados sistemas com OSB e com CPS. Como condições de contorno externas, os sistemas foram simulados para a zona bioclimática 1, utilizando arquivo climático Typical Meteorological Year (TMY) BRA_PR_Curitiba.869330_TMYx.2007-2021, representativo da cidade de Curitiba, extraído do repositório Climate OneBuilding (https://climate.onebuilding.org/default.html). Mais detalhes sobre o método de simulação consultar Bastos (2023).

2.1 OBJETO E COMPOSIÇÃO DO ELEMENTO CONSTRUTIVO

Como objeto das simulações, foi analisada uma parede de fachada típica de um banheiro, conforme geometria padrão de uma habitação de interesse social (HIS), com seus componentes construtivos conforme preconizado pela diretriz SINAT 005 – Rev03 (2020). A Figura 2 ilustra a composição construtiva do perfil de parede analisada, as camadas consideradas para todos os sistemas, os elementos variáveis e os pontos de monitoramento utilizados nas simulações higrotérmicas.

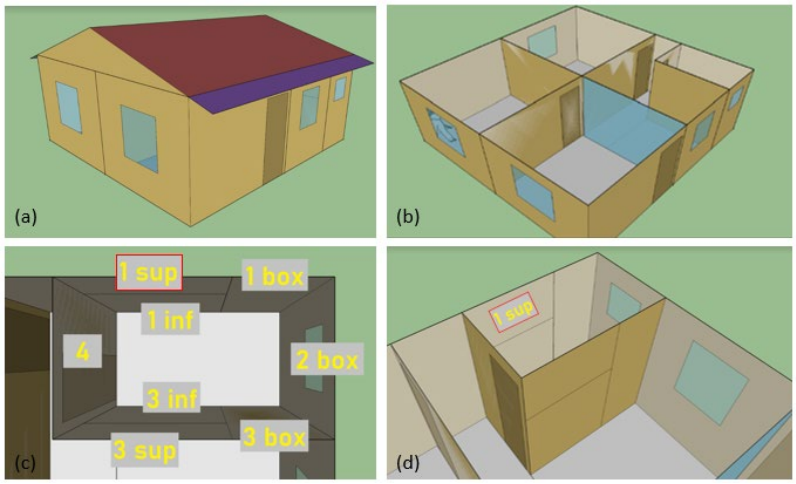
Figura 2: Composição construtiva do perfil de parede analisada indicando as camadas fixas para todos os sistemas, os elementos variáveis e os pontos de monitoramento nas simulações higrotérmicas



Fonte: o autor.

Para a obtenção das condições internas para condução das simulações higrotérmicas (temperatura superficial e umidade relativa da zona térmica analisada) fez-se necessário, previamente, a condução de simulações termoenergéticas através do software EnergyPlus 9.4, gerando, assim, os perfis de temperatura superficial no ponto monitorado e umidade relativa referente à zona térmica analisada, utilizadas como dados de entrada internos para as simulações higrotérmicas. A Figura 3 ilustra o modelo adotado conforme Anexo A da SINAT 001 (2022), assim como o ponto de referência considerado para as simulações. Adotou-se a orientação solar sudeste para as simulações, por esta representar a orientação mais crítica do ponto de vista de controle de umidade, por apresentar maior incidência de chuva incidente e menor radiação global anual acumulada, após análise do arquivo climático externo utilizado.

Figura 3: Projeto padrão de HIS modelado no software SketchUp Make (a) vista da edificação modelada (b) vista dos ambientes internos (c) nomenclaturas adotadas para as paredes internas do banheiro (d) ponto de monitoramento de referência para extração dos resultados das simulações termoenergéticas



Fonte: o autor.

2.2 CARACTERÍSTICAS – BARREIRAS DE VAPOR

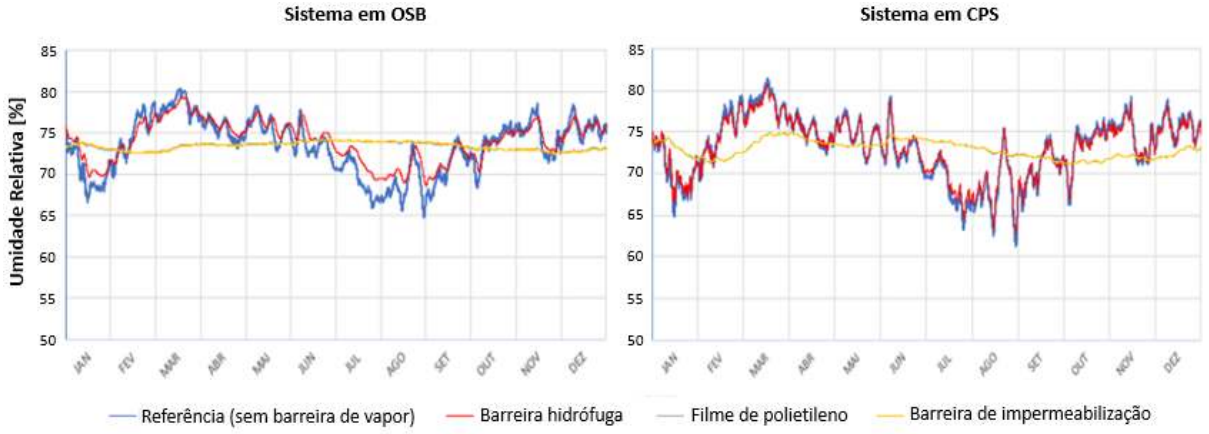
A seleção das diferentes barreiras de vapor utilizadas como variáveis neste trabalho originou-se de pesquisa bibliográfica e de campo, e foram selecionadas por representarem três níveis de permeabilidade ao vapor distintos e serem opções comumente utilizadas em sistemas de LWF. A característica principal destas barreiras em relação ao transporte umidade é a sua permeância, expressa em kg/(s.m². Pa), ou US *perm* (57.21 ng/s.m².Pa). As três opções selecionadas para compor os sistemas simulados foram:

- **Barreira hidrófuga**: barreira impermeável à água e permeável ao vapor. Possui permeância de 56 US *perm* e é classificada como 'Permeável ao vapor', conforme o International Building Code (2021);
- **Filme de polietileno**: barreira impermeável à água e ao vapor. Possui permeância de 0,07 US *perm* e é classificada como 'Impermeável ao vapor', conforme o International Building Code (2021);
- **Barreira de impermeabilização:** barreira impermeável à água e ao vapor. Possui permeância de 0,04 US *perm* e é classificada como 'Impermeável ao vapor', conforme o International Building Code (2021).

3 RESULTADOS E ANÁLISES

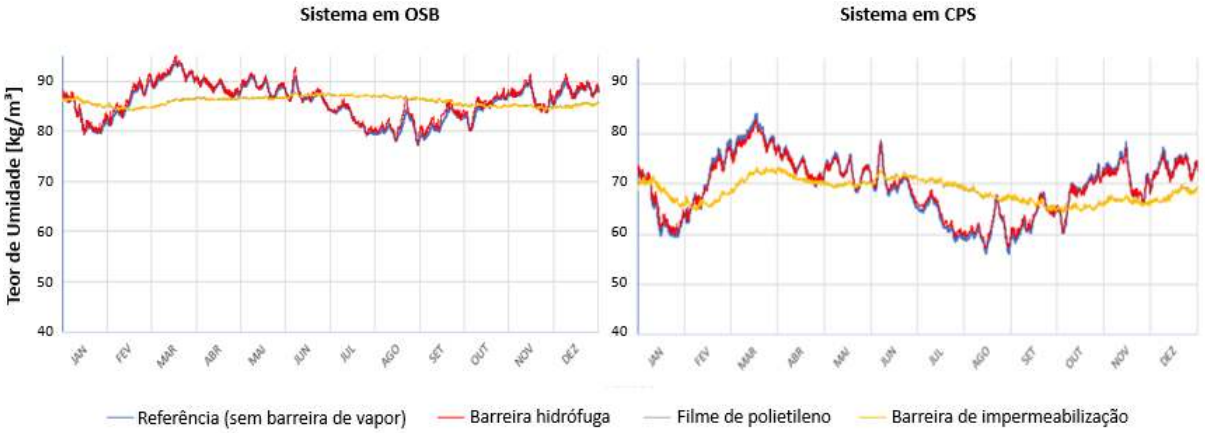
As Figuras 4 e 5 apresentam os resultados das simulações higrotérmicas através dos perfis de umidade relativa e teor de umidade observados na camada interna de contraventamento dos sistemas, em função da presença e tipo de diferentes barreiras internas de vapor. O sistema sem a presença de barreira, denominado sistema 'referência', é comparado aos sistemas com três diferentes barreiras internas de vapor, com permeabilidades ao vapor variáveis, posicionadas sobre camadas internas de OSB ou compensado tratado (CPS), para a orientação solar sudeste (crítica).

Figura 4: Variação anual da umidade relativa na camada interna de contraventamento. Sistemas em OSB e CPS, zona bioclimática 1, orientação sudeste



Fonte: o autor.

Figura 5: Variação anual do teor de umidade na camada interna de contraventamento. Sistemas em OSB e CPS, zona bioclimática 1, orientação sudeste



Fonte: o autor.

Conforme Figura 4, em relação à umidade relativa, para o sistema em OSB, observa-se que a presença da barreira hidrófuga atenua ligeiramente as oscilações de umidade relativa, em comparação ao sistema de referência, mantendo tendência de oscilação entre 66 % e 80 %, apresentando diferença máxima de 3 % em relação ao sistema de referência. Os sistemas com filme de polietileno e barreira de impermeabilização, apresentam comportamento atenuado ao longo do ano, e perfil de variação similar entre si, com maior estabilidade, oscilando valores de umidade relativa entre 72 % e 74 %, contrastando com os sistemas de referência e sistemas com barreira hidrófuga. Para o sistema com chapa de contraventamento em CPS, observam-se para os sistemas de referência e sistemas com barreira hidrófuga, variações anuais de umidade relativa de 20 % (entre 61 % e 81 %), enquanto para os sistemas com filme de polietileno e barreira de impermeabilização, a variação foi de 4 % (entre 71 % e 75 %). Quando comparados os resultados de umidade relativa dos sistemas em CPS com os sistemas em OSB, nota-se que não há diferença significativa entre os valores e padrão da curva, sendo, para os sistemas de referência e membrana hidrófuga, diferença de 5 % e 1 % para os limites inferior e superior, respectivamente e, para os sistemas em filme de polietileno e membrana de impermeabilização, de 1 % para ambos os limites (inferior). Estes resultados indicam não haver diferença significativa nas variações dos teores de umidade relativa na camada de contraventamento em função do tipo da chapa de contraventamento.

Conforme Figura 5, em relação aos teores de umidade, para os sistemas em OSB, observa-se que assim como ocorre para os valores de umidade relativa, os perfis de teor de umidade ao longo do ano para os sistemas referência e com barreira hidrófuga apresentam comportamento similar e com variação considerável, flutuando entre pico máximo de 94 kg/m³ para o sistema de referência e sistema com barreira hidrófuga e mínimo em 77 kg/m³. Para os sistemas com filme de polietileno e barreira de impermeabilização, observam-se curvas atenuadas, quando comparado aos demais sistemas, com variação entre 87 kg/m³ e 84 kg/m³. Para os sistemas em CPS, observa-se que para os sistemas referência e com barreira hidrófuga os valores de teor de umidade flutuaram entre pico máximo de 84 kg/m³ e mínimo em 56 kg/m³. Para os

sistemas com filme de polietileno e barreira de impermeabilização, a variação ficou entre 73 kg/m³e 64 kg/m³. Diferentemente do que ocorre com os valores de umidade relativa, os quais não apresentam diferença significativa entre sistemas em OSB e CPS, os valores de teor de umidade observados em sistemas com CPS possuem diferença relevante, apresentado redução de 27 % e 12 % nos limites inferior e superior, respectivamente, para os sistemas de referência e membrana hidrófuga e redução de 24 % e 16 % nos limites inferior e superior, respectivamente, para os sistemas com filme de polietileno e membrana de impermeabilização. As chapas de OSB apresentam maior acúmulo no teor de umidade quando comparadas com chapas de CPS, para um mesmo valor de umidade relativa.

É possível observar notável diferença no perfil da curva ao longo do ano e nos valores de umidade relativa e teor de umidade entre os sistemas de referência e com barreira hidrófuga em comparação aos sistemas com filme de polietileno e com barreira de impermeabilização. A similaridade entre os perfis dos sistemas de referência e com barreira hidrófuga se justifica devido à alta permeabilidade ao vapor que a barreira hidrófuga possui, acompanhando as flutuações nos fluxos difusivos líquido e de vapor, governados pelas variações nos gradientes de temperatura e umidade relativa. Os sistemas com filme de polietileno e barreira de impermeabilização, que possuem baixa permeabilidade ao vapor, atenuam as oscilações por impedirem que parte do fluxo interno de vapor, gerado pelas cargas internas de uso, sejam absorvidos pela camada de contraventamento interna.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados permitiram verificar que a presença de diferentes barreiras de vapor internas impacta a umidade relativa e o teor de umidade monitorados na camada de contraventamento interno. Também, foi possível verificar que existe influência do tipo de chapa de contraventamento, ao se comparar sistemas Light Wood Frame com chapas de contraventamento em OSB e em chapas de compensado (CPS).

Observou-se similaridade nos perfis de umidade relativa e teores de umidade entre os sistemas de referência e sistemas com barreira hidrófuga, os quais apresentaram maiores variações ao longo do ano, assim como similaridade entre os sistemas com filme de polietileno e barreira de impermeabilização, que apresentaram atenuação nos perfis de umidade relativa e teor de umidade ao longo do ano.

Em relação ao tipo de chapa de contravento estrutural avaliado, observa-se que os sistemas com chapa de contraventamento em compensado (CPS) apresentam menores valores de teor de umidade nestes elementos, quando comparados com a chapa de OSB, resultados justificados pela diferença na permeabilidade ao vapor e curva higroscópica destes materiais.

5 REFERÊNCIAS

[1] ITeleport, Portal. **Tour Virtual Alea Santa Bárbara**. 2022. Disponível em: https://portal.iteleport.com.br/tour3d/tour-virtual-alea-santa-barbara/fullscreen/. Acesso em: 10 abr. 2023.

[2] MUNDT-PETERSEN, Olof. **Moisture Safety in Wood Frame Walls**: blind evaluation of the hygrothermal calculation tool wufi 5.0 using field measurements and determination of factors affecting the moisture safety. 2013. 171 f. Tese (Doutorado). Building Physics, Lund University, Lund, 2013.

[3] BASTOS, A. P. O. **Análise de sensibilidade do uso de barreiras de vapor em sistemas de light wood frame com base na avaliação da umidade e do risco de condensação intersticial**. 2023. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Habitação, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2023.

[4] PASZTORY, Zoltan; PERALTA, Perry N.; MOLNAR, Sandor; PESZLEN, Ilona. Modeling the hygrothermal performance of selected North American and comparable European wood-frame house walls. **Energy And Buildings**, [S.L.], v. 49, p. 142-147, jun. 2012.

[5] QUIROUETTE, R. L. The difference between a vapour barrier and an air barrier. **Building Practice Note,** [S.L.], v. 1, n. 54, p. 1-13, 1 jul. 1985. National Research Council of Canada. Division of Building Research.

[6] SINAT 001 – Rev04 - BRASIL. Ministério das Cidades, Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-H. Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SiNAT. **Diretriz para Avaliação Técnica de paredes estruturais de concreto moldadas no local**: Concreto Leve ou Concreto Reforçado com Fibra de Vidro. Brasília, 2022.

[7] SINAT 005 – Rev03 - BRASIL. Ministério das Cidades, Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-H. Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SiNAT. **Diretriz para Avaliação Técnica de sistemas estruturados em peças leves de madeira maciça serrada – tipo light wood framing**. Brasília, 2020.