XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8779

Desempenho higrotérmico do sistema Light Wood Frame em habitação de interesse social em Brasília: análise comparativa de fachadas

Hygrothermal performance of the Light Wood Frame system in social housing in Brasília: a comparative analysis of facades

Luísa Vaz de Mello Tomich
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | luisa.tomich@aluno.unb.br
Maria Eduarda Barbosa de Oliveira
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | maria-barbosa.mb@aluno.unb.br
Rafaelle Araújo Cesar
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | rafaelle.cesar@aluno.unb.br
Vanda Alice Garcia Zanoni
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | vandazanoni@unb.br

Resumo

Este trabalho tem como objetivo investigar a influência das variações de temperatura e umidade no sistema construtivo *Light Wood Frame* em diferentes orientações de fachadas no clima de Brasília. A metodologia adotada consistiu na realização de simulações computacionais com o software WUFI Pro 7.2 para análise do comportamento higrotérmico, considerando parâmetros como teor de umidade e variação de temperatura nas superfícies do sistema. Os resultados indicam diferenças no desempenho higrotérmico entre as fachadas analisadas, evidenciando a influência das condições de exposição climática no comportamento do sistema. Como contribuição, o estudo fornece subsídios para a compreensão do desempenho do sistema *Light Wood Frame*, verificando sua viabilidade para aplicação em habitações de interesse social em Brasília.

Palavras-chave: Desempenho higrotérmico. *Light Wood Frame.* Simulação computacional. Habitação de interesse social.

Abstract

This study aims to investigate the influence of temperature and humidity variations on the Light Wood Frame construction system in different facade orientations within the climate conditions of Brasília. The adopted methodology consisted of computational simulations using the WUFI Pro 7.2 software to analyze hygrothermal behavior, considering parameters such as moisture content and temperature variation on the system's surfaces. The results indicate differences in hygrothermal performance among the analyzed facades, highlighting the influence of climatic exposure conditions on the system's behavior. As a contribution, the study provides support for understanding the performance of the Light Wood Frame system, assessing its feasibility for application in social housing in Brasília.

Keywords: Hygrothermal performance. Light Wood Frame. Computational simulation. Social housing.

Como citar:
TOMICH. L. V. M; OLIVEIRA. M. E. B.; CESAR. R. A.; ZANONI, V. A. G. Desempenho higrotérmico do sistema Light Wood Frame em habitação de interesse social em Brasília: análise comparativa de fachadas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8779

INTRODUÇÃO

O sistema *Light Wood Frame* (*LWF*) é um sistema construtivo industrializado, composto principalmente por uma estrutura de madeira serrada, com chapas de fechamento e outros componentes complementares. Esse sistema pode incorporar elementos adicionais, como isolantes térmicos, barreiras de vapor e acabamentos superficiais, que podem incluir pinturas e revestimentos.

Em 2023, foi aprovada a norma brasileira ABNT NBR 16936 [1] que estabelece diretrizes e condições para o projeto e execução de edificações em *Light Wood Frame*, aplicáveis a construções térreas ou assobradadas, isoladas ou geminadas, com até dois pavimentos (térreo + 1 pavimento). Antes disso, desde 2011 e com revisão mais recente de 2020, a Diretriz SINAT nº 005 [2], desenvolvida pelo Sistema Nacional de Avaliações Técnicas, já fornecia diretrizes e condições de projeto, execução e avaliação de desempenho para sistemas estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, em edificações de até quatro pavimentos (térreo + 3 pavimentos). A Diretriz SINAT nº 005 [2] serviu de base técnica para a aceitação desse sistema construtivo em programas habitacionais subsidiados por políticas públicas.

No contexto das habitações de interesse social, torna-se necessário buscar alternativas construtivas que promovam maior racionalização do uso de materiais e redução de desperdícios. Nesse sentido, sistemas industrializados, como o *Light Wood Frame,* se mostram como uma possibilidade viável.

De acordo com a NBR 15575 [3], é necessário atender a requisitos relacionados à segurança, habitabilidade, sustentabilidade e nível de desempenho das edificações. Entre esses requisitos, destaca-se o desempenho térmico como sendo fundamental para garantir condições adequadas de conforto no interior das habitações.

O comportamento higrotérmico dos sistemas construtivos resulta da interação entre os fluxos de calor e umidade que ocorrem simultaneamente nos materiais. Em sistemas como o *Light Wood Frame*, que utilizam materiais higroscópicos como a madeira, o teor de umidade do sistema varia conforme as condições ambientais, sendo influenciado pela precipitação, umidade relativa do ar e pela temperatura [4][5]. Quando as condições favoráveis à proliferação de agentes biológicos permanecem elevadas por longos períodos, pode ocorrer acúmulo de umidade nos componentes, favorecendo o desenvolvimento de fungos emboloradores e outros [6].

O estudo das variações higrotérmicas torna-se ainda mais relevante devido à maior sensibilidade desses sistemas leves à umidade e às condições de exposição climática. A análise dessas variações permite avaliar o comportamento do teor de umidade e da temperatura nas superfícies, especialmente neste estudo, na cidade de Brasília na Zona Bioclimática 3B [7].

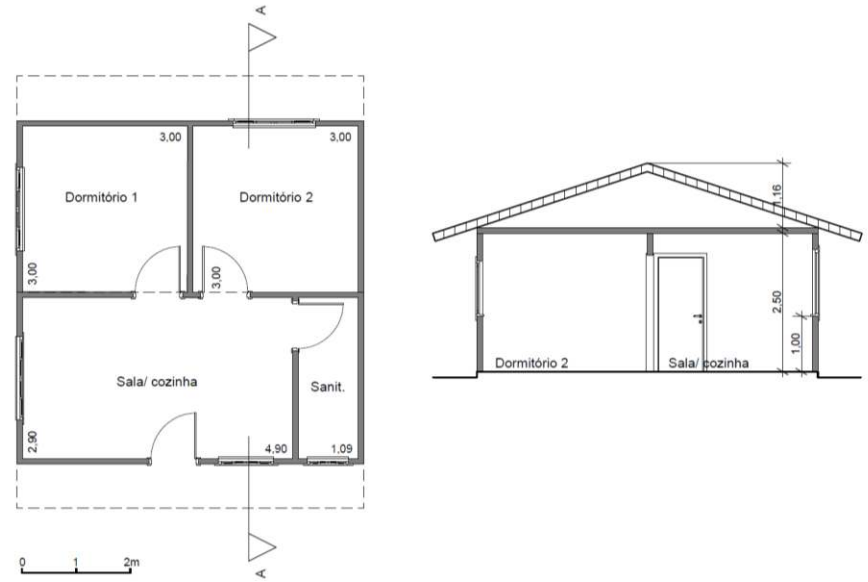
Diante disso, o objetivo deste artigo é analisar o comportamento higrotérmico de uma parede em *Light Wood Frame*, considerando sua relação com processos de degradação associados às condições de exposição na cidade de Brasília. Para isso, serão utilizadas simulações computacionais no software WUFI Pro. Este estudo possui caráter

exploratório e busca compreender de que forma as variações dadas pelas diferentes orientações influenciam os resultados das simulações.

MÉTODO

Foram realizadas simulações do comportamento higrotérmico de uma habitação de interesse social conforme apresentado pela Diretriz SINAT nº 001 (Figura 1) [8]. A casa é composta por lajes de piso e de cobertura de concreto armado com 10 cm de espessura, telhado com telhas de fibrocimento com 6 mm de espessura, paredes de sistema *Light Wood Frame,* portas de 2 cm de madeira e janelas com vidros comuns com espessura de 3 mm.

Figura 1: Projeto de habitação de interesse social: planta baixa e corte



Fonte: Diretriz SINAT nº 001 [8].

Foi utilizado o software WUFI Pro [9], versão 7.2 (*Wärme- und Feuchtetransport Instationär - Transient Heat and Moisture Transport*), desenvolvido pelo Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP), para a simulação e análise do comportamento do sistema ao longo do tempo. As variáveis de análise são: radiação solar, temperatura do ar, precipitação, vento, umidade relativa do ar, chuva dirigida, temperaturas das superfícies externa e interna, e teor de umidade das paredes nas fachadas Norte, Sul, Leste e Oeste. Com base nisso, foi feita a simulação no software WUFI Pro, considerando um período de três anos de simulação horária, a partir do arquivo climático Brasilia.867150 TMYx.2009-2023.epw [10].

Para a simulação higrotérmica, os parâmetros mais relevantes a serem considerados são: configuração dos componentes do sistema de fachada e suas respectivas propriedades higrotérmicas; coeficientes de transferência à superfície do clima interior e exterior; condições iniciais; período de simulação; e condições de fronteira - orientação e inclinação das fachadas. As condições internas foram obtidas por meio do software WUFI Pro, fundamentadas pela norma EN 15026 - *Hygrothermal performance of building components and building elements – Assessment of moisture*

transfer by numerical simulation [11]. Os dados referentes à umidade relativa e à chuva dirigida foram obtidos do modelo da ASHRAE 160 - *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* [12]. A Tabela 1 apresenta os parâmetros utilizados como dados de entrada.

Tabela 1: Dados de entrada para o software computacional higrotérmico WUFI Pro

Parâmetro		Símbolo	Unidade	Valor
Configuração dos componentes do elemento construtivo				
Camada exterior	Paint, water-borne	*e*ext	m	0,001
	Knauf SM700	*e*ext	m	0,005
	Placa para revestimento de fibrocimento	*e*ext	m	0,008
	Tecido ligado a membrana de poliolefina (SBP)	*e*ext	m	0,001
	Placa de OSB (Densidade: 630 kg/m³)	*e*ext	m	0,02
Camada intermediária	Camada de ar de 90 mm	*e*ext	m	0,09
Camada interior	Placa de OSB (Densidade: 630 kg/m³)	*e*int	m	0,02
	Tecido ligado a membrana de poliolefina (SBP)	*e*int	m	0,001
	Placa para revestimento de fibrocimento	*e*int	m	0,008
	Knauf SM700	*e*int	m	0,005
	Paint, water-borne	*e*int	m	0,001
Espessura total do elemento construtivo		*e*t	m	0,16
Coeficientes de transferência à superfície exterior				
Resistência térmica da superfície exterior		*Rse*	m²K/W	0,04
Valor de Sd		*Sd*	m	0,2
Coeficiente de absorção solar		*α*	-	0,6
Refletividade do solo (onda curta) - albedo		*r*	-	0,2
Fator de redução da chuva dirigida		*Fr*	-	0,7
Coeficientes de transferência à superfície interior				
Resistência térmica da superfície interior		*Rsi*	m²K/W	0,125
Valor de Sd		*Sd*	m	0,2
Condições de fronteira				
Condições iniciais	Umidade relativa	80%	Modelo ASHRAE 160 (ANSI/ASHRAE, 2009)	
	Temperatura inicial	20°C		
Período de cálculo	Início	2025		
	Fim	2028		
	Ano utilizado	2028		
Exterior (lado esquerdo)	Localização	Brasília-DF		
	Inclinação da superfície	Fachada (90°)		
	Orientação da fachada	Norte, Sul, Leste e Oeste		
	Chuva dirigida	Modelo ASHRAE 160 (ANSI/ASHRAE, 2009)		
	Clima exterior	Arquivo climático Brasilia.867150 TMYx.2009-2023)		
Interior (lado direito)	Clima interior	EN 15026 (DIN, 2007) - Produção de umidificação normal		

Fonte: os autores, baseado na base de dados do WUFI.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8779

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

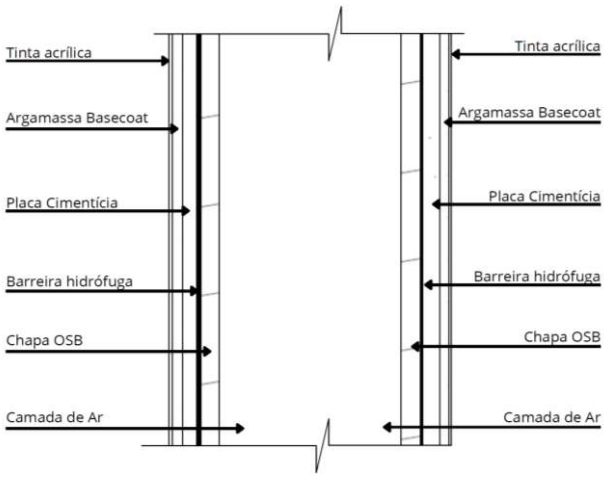
Para compor o sistema construtivo das paredes em *Light Wood Frame*, foram consideradas seis camadas de materiais disponíveis na base de dados do software WUFI Pro, e suas respectivas propriedades higrotérmicas. A Tabela 2 define as principais características desses materiais, e a Figura 2 apresenta um perfil da parede do sistema construtivo usado, com as camadas e materiais em questão.

Tabela 2: Características dos materiais

Descrição	Condutividade térmica (W/(m.K))	Calor específico (J/(kg.K))	Emissividade	Densidade (kg/m³)	Porosidade	Fator de resistência à difusão de vapor d´água
Paint, water-borne (tinta acrílica)	0,2	990	0,9	1200	0,001	10
Knauf SM700 (argamassa basecoat)	0,54	850	0,9	1395	0,46	31
Placa para revestimento de fibrocimento	0,245	840	0,9	1380	0,479	990,9
Tecido ligado a membrana de poliolefina (SBP)	2,3	1500	0,9	65	0,001	49,3
Placa de OSB	0,13	1400	0,9	630	0,6	650
Camada de ar de 90 mm	0,523	1000	0,9	1,3	0,999	0,17

Fonte: Biblioteca do software WUFI Pro.

Figura 2: Perfil de parede no sistema *Light Wood Frame*, com face exterior (à esquerda) e interior (à direita)



Fonte: os autores.

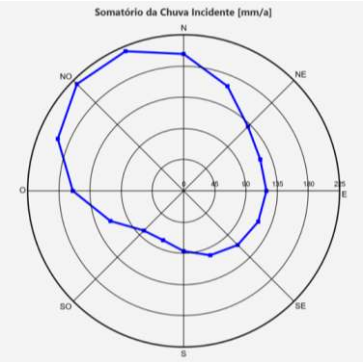
RESULTADOS

Com os resultados das simulações computacionais realizadas no software WUFI Pro (versão 7.2) para as fachadas nas orientações Norte, Sul, Leste e Oeste, foram gerados relatórios com os dados relacionados ao teor de umidade total e temperatura da superfície do sistema. Com isso, elaboraram-se análises, a fim de compreender o

comportamento higrotérmico associado ao sistema *Light Wood Frame* na cidade de Brasília, zona bioclimática 3B.

O teor de umidade na parede é influenciado tanto pela presença da água em estado líquido quanto pelo vapor d'água presente no ar (umidade relativa). A chuva dirigida constitui a principal fonte de umidade que incide sobre as fachadas. Ambos os fatores se configuram como variáveis dependentes de ações externas, apresentando, portanto, variações conforme a orientação das fachadas e seus diferentes níveis de exposição à chuva dirigida. A Figura 3 mostra as principais variáveis climáticas que caracterizam as condições do clima exterior da cidade de Brasília.

Figura 3: Condições de contorno: variáveis climáticas das condições exteriores em Brasília



Base de dados: arquivo climático Brasilia.867150 TMYx.2009-2023.epw

Umidade Relativa média anual (%): 64,2
Umidade Relativa máxima anual (%): 99
Umidade Relativa mínima anual (%):15

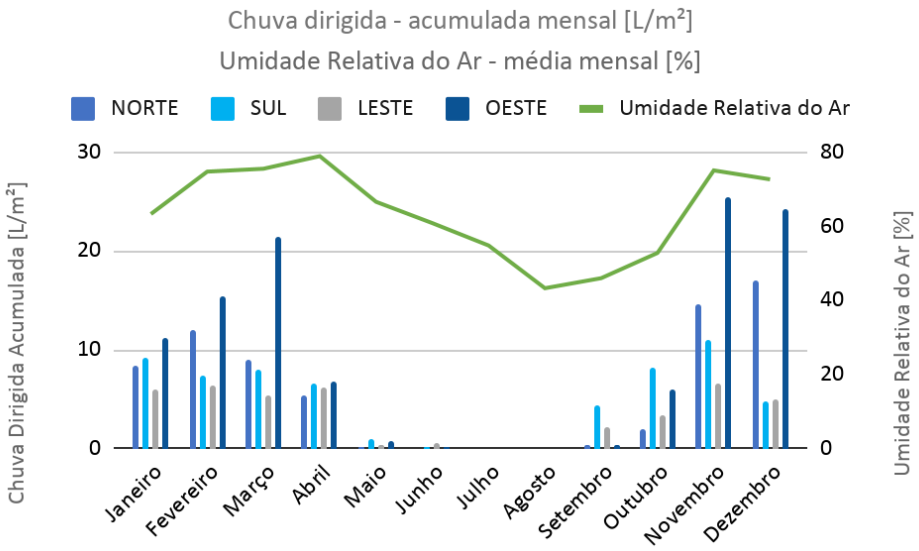
Velocidade do vento média anual (m/s): 2,2

Somatório da Precipitação Normal (mm/a): 977,7

Fonte: Gráfico gerado pelo software WUFI Pro [7], a partir dos dados do arquivo climático Brasilia.867150 TMYx.2009-2023.epw [10].

A chuva dirigida é a principal fonte de umedecimento dos sistemas construtivos e afeta diferentemente cada orientação de fachada (Figura 4). Dessa forma, os teores de umidade nas formas líquida e vapor podem variar conforme a orientação da fachada e a época do ano. Em Brasília, o período chuvoso se estende de outubro a março, enquanto o período seco compreende os meses de abril a setembro.

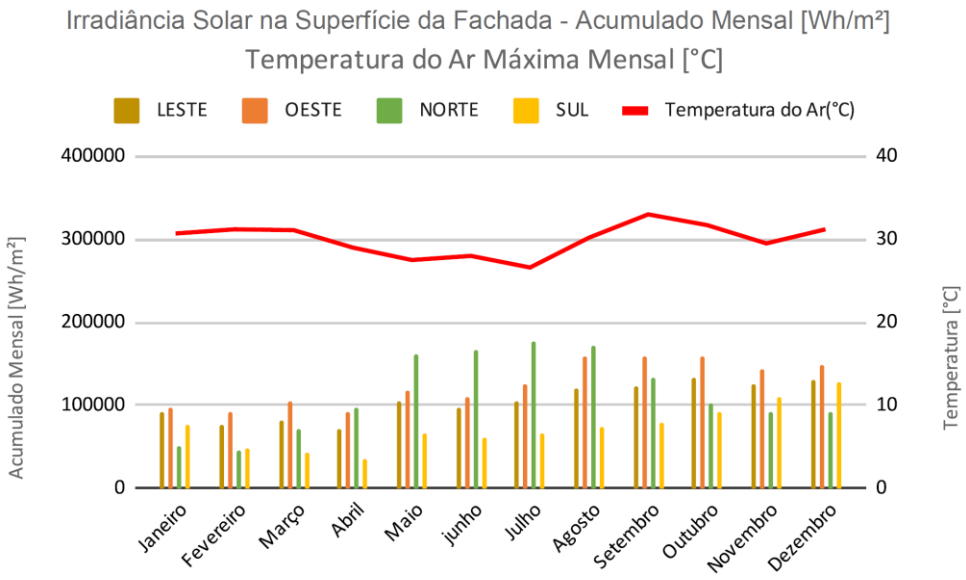
Figura 4: Média mensal da umidade relativa do ar e montante de chuva dirigida incidente em cada orientação de fachada, com base no Brasilia.867150 TMYx.2009-2023.epw



Fonte: os autores.

A irradiância solar incidente na superfície da fachada, composta pelas parcelas de radiação direta, difusa e refletida, varia conforme a época do ano, a nebulosidade e outros parâmetros de configurações e condições externas. A Figura 5 mostra o comportamento da temperatura média diária do ar exterior e da irradiância solar na superfície para cada orientação de fachada ao longo do ano. Essas condições influenciam os processos de aquecimento e resfriamento do sistema construtivo, bem como os mecanismos de molhagem e secagem dos materiais que o compõem.

Figura 5: Irradiância solar na superfície da fachada e temperatura do ar exterior, com base no Brasilia.867150 TMYx.2009-2023.epw



Fonte: os autores.

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO TEOR DE UMIDADE TOTAL DA PAREDE

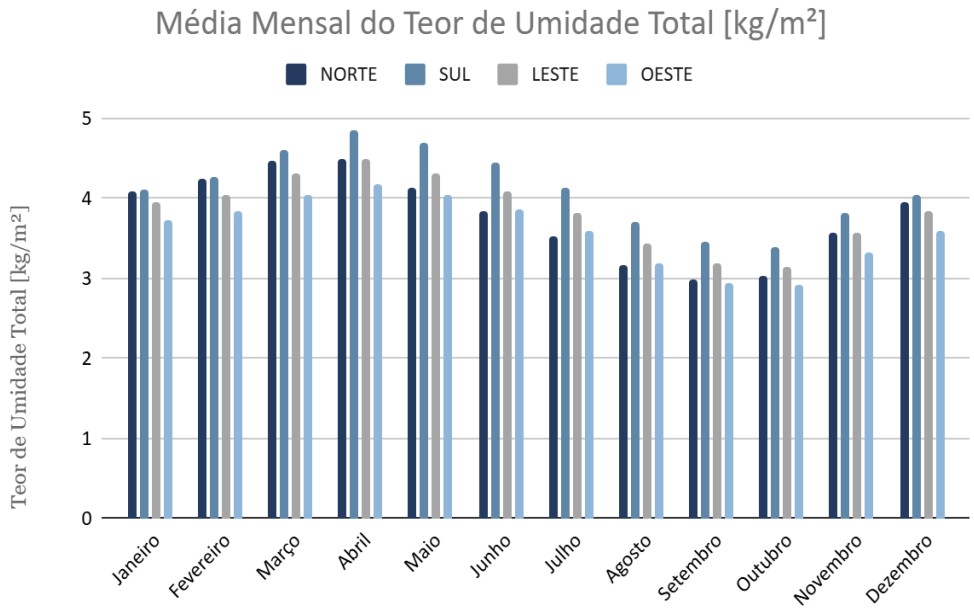
A Figura 6 apresenta valores mensais do teor de umidade total (em kg/m²) no sistema de parede em *Light Wood Frame*, com dados obtidos a partir do arquivo climático Brasilia.867150 TMYx.2009-2023.epw para cada orientação de fachada ao longo dos 12 meses do ano.

Com base na Figura 6, verifica-se que o teor de umidade do sistema *Light Wood Frame* apresenta os maiores valores médios mensais concentrados no período chuvoso, quando a umidade relativa do ar também se encontra mais elevada, favorecendo o acúmulo de umidade no sistema construtivo de parede.

Observa-se que há variações no teor de umidade entre as diferentes orientações das fachadas e ao longo dos períodos seco e chuvoso, embora essas variações entre fachadas não sejam muito significativas. As fachadas Norte e Sul apresentam maiores teores de umidade em relação às fachadas Leste e Oeste, nos meses chuvosos. Isso ocorre porque, no verão chuvoso, a trajetória solar na latitude de Brasília (15°47'38") reduz a incidência de radiação direta sobre as fachadas Norte e Sul, limitando o potencial de secagem. As diferenças percebidas em relação às fachadas Leste e Oeste,

são explicadas pela nebulosidade que se intensifica ao longo do dia no período chuvoso de Brasília.

Figura 6: Média mensal do teor de umidade total em cada orientação de fachada, para a parede em Light Wood Frame na cidade de Brasília



Fonte: os autores.

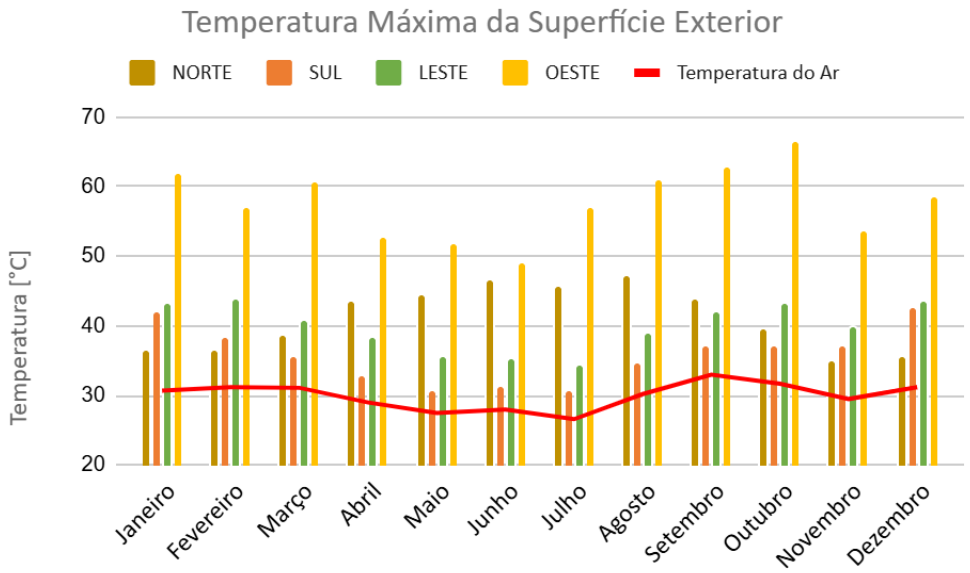
Cada fachada responde de maneira diferente, influenciada tanto pelas diferentes intensidades de chuva dirigida quanto pelas propriedades higrotérmicas dos materiais. Nesses casos, o teor de umidade total no sistema construtivo não se apresenta muito elevado, o que pode ser explicado pelas propriedades de alguns materiais de baixa porosidade, baixa capilaridade e elevada resistência ao fator de difusão, o que contribui para limitar a absorção e a adsorção.

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DA PAREDE

Para a análise da temperatura da superfície externa, é fundamental considerar a orientação das fachadas no sistema de parede em *Light Wood Frame.* Isso ocorre porque a variação dessa temperatura está diretamente relacionada à quantidade de irradiância solar incidente na superfície ao longo do ano.

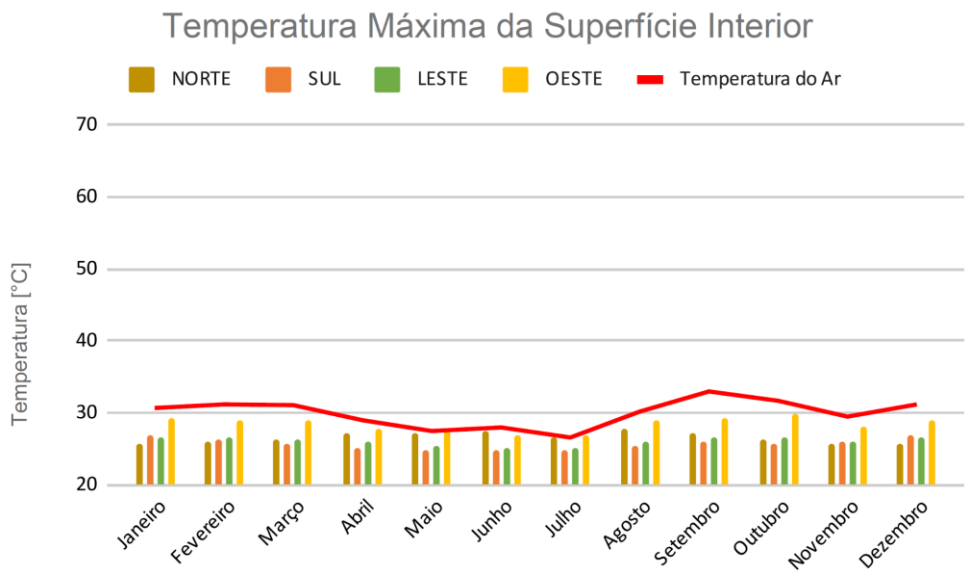
A comparação entre as temperaturas da superfície interna, da superfície externa e a temperatura do ar permite evidenciar o comportamento da transferência de calor por condução ao longo do sistema construtivo, indicando como o sistema responde às variações de temperatura. As Figuras 7 e 8 apresentam esses parâmetros de forma comparativa, permitindo observar as variações de temperatura das superfícies internas e externas em relação ao ambiente externo.

Figura 7: Máxima mensal da temperatura da superfície externa, para cada orientação da fachada, para a parede em *Light Wood Frame* na cidade de Brasília



Fonte: os autores.

Figura 8: Máxima mensal da temperatura da superfície interna, para cada orientação da fachada, para a parede em *Light Wood Frame* na cidade de Brasília



Fonte: os autores.

Observa-se que as temperaturas nas superfícies das fachadas ao longo do dia (Figura 7) sofrem variações, dependendo da orientação e do período do ano, podendo atingir valores máximos de 66,4 °C na fachada Oeste, considerando uma temperatura do ar máxima de 33 °C. Ressalta-se que esses valores foram registrados nos meses correspondentes ao período mais seco do ano.

O comportamento do sistema está associado à trajetória solar característica do Hemisfério Sul e às condições climáticas de Brasília. Assim, o desempenho das fachadas Norte e Sul é mais significativo no período seco (meses entre maio e

setembro). As fachadas Norte e Oeste comparadas à fachada Sul recebem mais irradiância solar na superfície, favorecendo o aquecimento e a secagem da superfície. Enquanto isso, a fachada Sul se mantém sob condições de menor irradiância, o que resulta em menores temperaturas superficiais e menor potencial de evaporação, influenciando os maiores teores de umidade e as menores temperaturas.

As temperaturas das superfícies internas (Figura 8) apresentam variações em função da orientação das fachadas ao longo dos meses do ano. A fachada Oeste na maior parte do ano, assim como a fachada Norte nos meses de inverno, registra os maiores valores de temperatura superficial. No mês de outubro, um dos meses mais quentes do ano, observa-se na fachada Oeste a maior temperatura superficial simulada.

As condições de contorno para o clima interior são definidas no WUFI Pro conforme a norma EN 15026 [11], de acordo com a categoria de produção de umidade normal, que estabelece limites para umidade relativa interna e temperatura do ar interno. Dessa forma, os resultados obtidos são controlados pelos parâmetros normativos, indicando que o clima interior em condições de conforto mantém as temperaturas da superfície interna do sistema construtivo abaixo das temperaturas do ar externo.

CONCLUSÕES

As análises por meio de simulações computacionais do sistema *Light Wood Frame* aplicadas ao clima da cidade de Brasília, zona bioclimática 3B, demonstram que o comportamento higrotérmico do sistema é influenciado pela chuva dirigida e pelo potencial de secagem das superfícies externas.

Conclui-se que o acúmulo de umidade está relacionado às fachadas com menor incidência de irradiância solar e consequentemente menores temperaturas superficiais, que influenciam a capacidade de evaporação ao longo do mês, principalmente nos períodos mais chuvosos.

Desde que o ambiente interno permaneça dentro dos limiares de conforto definidos pelo modelo da norma EN 15026, os valores obtidos para as diferentes orientações de fachadas mantiveram-se relativamente próximos entre si e acompanham o comportamento da temperatura do ar externo. A inércia térmica dos componentes do sistema leve é baixa, tendo em vista que não foi inserida nenhuma camada de isolamento térmico no interior do painel e, portanto, o sistema não é capaz de armazenar calor por longos períodos, o que favorece trocas térmicas mais rápidas entre o ambiente externo e o interior da edificação.

Em síntese, o estudo contribui para a compreensão do comportamento higrotérmico do sistema *Light Wood Frame* em habitações de interesse social no contexto bioclimático de Brasília. Os resultados indicam que sua aplicação pode ser viável, desde que sejam adotadas estratégias de projeto que considerem a orientação das fachadas, a exposição à radiação solar e à chuva dirigida, de modo a favorecer o potencial de secagem e minimizar o risco de acúmulo de umidade no sistema construtivo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Universidade de Brasília (UnB), à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF), ao Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP), e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16936**: Edificações em *light wood frame*. Rio de Janeiro, 2023.

[2] SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. Diretrizes para a Avaliação de Produtos. **Diretriz SINAT nº 005 - Revisão 03**. Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”). SINAT: Brasília, 2020.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575**: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2021.

[4] BASTOS, A. P. O. **Análise de sensibilidade do uso de barreiras internas de vapor em sistemas de light wood frame com base na avaliação de umidade e do risco de condensação intersticial.** 2023. 177p. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2023.

[5] BRITO, A. C.; BELIZARIO-SILVA, F. Análise de sensibilidade do comportamento higrotérmico de paredes com diferentes tipos de concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-14.

[6] SANTOS, A. C. **Avaliação do desempenho potencial de duas soluções de revestimentos argamassados em função do risco de formação de fungos emboloradores no interior de edificações na cidade de São Paulo.** 2019. 193p. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2019.

[7] ZANONI, V. A. G. **Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento higrotérmico de fachadas em Brasília**. 2015. 293 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

[8] SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. Diretrizes para a Avaliação de Produtos. **Diretriz SINAT nº 001 - Revisão 04**. Diretriz para Avaliação Técnica de paredes estruturais de concreto moldadas no local (Concreto Leve ou Concreto Reforçado com Fibra de Vidro). SINAT: Brasília, 2022.

[9] FRAUNHOFER IBP - INSTITUTE FOR BUILDING PHYSICS. **WUFI Pro 7.2.** Holzkirchen, Germany, 2026.

[10] Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. ONE Building 2024. ONE Building 2024: **Referencial para avaliação do desempenho energético e operacional de edificações, com ênfase em simulações termoenergéticas, indicadores de eficiência e estratégias de projeto baseadas em evidências**. LabEEE/UFSC: Florianópolis, 2024.

[11] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN EN 15026** Hygrothermal performance of building components and building elements – Assessment of moisture transfer by numerical simulation. COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, Brussels, Belgium, 2007.

[12] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE; AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE Standard 160** - Criteria for Moisture-Control Design Analysis in Buildings. 2016.