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

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

# Análise da resistência ao calor e choque térmico de painéis de CLT para uso em sistema de vedação vertical externo (SVVE)

## Analysis of resistance to heat and thermal shock of CLT panels for use in external vertical fence system (SVVE)

**Elton Belarmino de Sousa**
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | eltonbelsousa@usp.br
**Fabiana Lopes de Oliveira**
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | floliveira@usp.br
**Ana Carolina Belizário**
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | anabelizario@usp.br
**Felipe Hideyoshi Icimoto**
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | felipe.icimoto@urbembr.com
**Maurizio Vairo**
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | m.vairobr@gmail.com

**Resumo**

*A construção civil, um dos setores mais importantes da indústria, é responsável por significativos impactos ambientais. Buscando alternativas sustentáveis, sistemas construtivos como o Cross Laminated Timber (CLT), que utiliza a madeira como um de seus componentes, têm se destacado por serem renováveis e de baixo impacto ambiental. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo analisar o desempenho de um sistema de vedação vertical externo (SVVE) composto por elementos em CLT, de acordo com as diretrizes da NBR 15575-4, diante de condições de calor e choque térmico. O experimento foi conduzido no ITT Performance (Unisinos) e utilizou dois exemplares de 120x240 cm. Os resultados indicaram que não houve deslocamentos horizontais além dos limites estabelecidos. No entanto, foram identificadas algumas patologias nas superfícies expostas ao calor. Portanto, é possível inferir que os painéis*

Como citar:
SOUSA, E. B.; OLIVEIRA, F. L.; BELIZÁRIO, A. C.; ICIMOTO, F. H.; VAIRO, M. Análise da resistência ao calor e choque térmico de painéis de CLT para uso em sistema de vedação vertical externo (SVVE). TECSIC 2023. In: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE SISTEMAS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS, 23 e 24 AGO 2023, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 102-107.

*testados atenderam aos parâmetros definidos pela NBR 15575, mas as alterações observadas podem resultar em problemas futuros em sua estrutura.*

**Palavras-chave**: *Cross Laminated Timber*, Choque Térmico, Sistema de Vedação Vertical.

**Abstract**

*The construction industry, one of the most important sectors in the industry, is responsible for significant environmental impacts. In search of sustainable alternatives, building systems such as Cross Laminated Timber (CLT), which incorporates wood as one of its components, have gained prominence for being renewable and environmentally friendly. In this context, this study aimed to analyze the performance of an external vertical sealing system (EVSS) composed of CLT elements, according to the guidelines of NBR 15575-4, under heat and thermal shock conditions. The experiment was conducted at ITT Performance (Unisinos) and used two specimens measuring 120x240 cm. The results indicated that there were no horizontal displacements beyond the established limits. However, some pathologies were identified on the surfaces exposed to heat. Therefore, it can be inferred that the tested panels met the parameters defined by NBR 15575, but the observed alterations may lead to future structural issues.*

Keywords: Cross Laminated Timber, Thermal Shock Test, Vertical Sealing System.

## INTRODUÇÃO

A construção civil desempenha um papel crucial na sociedade moderna, mas também é uma das principais fontes de impacto ambiental negativo, de acordo com Martins (2022)[1]. Isso ocorre devido à intensa exploração de matérias-primas não renováveis e à geração de resíduos e gases de efeito estufa. Segundo dados de Wit et al. (2020)[2], cerca de 42,2% de toda a extração mundial de matéria-prima entre 1970 e 2017 foi destinada à construção civil.

Diante das preocupações ambientais decorrentes do crescimento do setor da construção civil, é essencial considerar novas alternativas para a arquitetura e a engenharia civil, como destacado por Araújo et al. (2016)[3]. A utilização de fibras naturais, construções em terra, cimentos com baixo teor de clínquer, reciclagem de resíduos de construção e o uso de materiais de construção sustentáveis podem indicar caminhos para esse processo. Martins (2022)[1] ressalta que o uso da madeira oferece diversas opções construtivas na construção civil, como o *Cross Laminated Timber* (CLT) ou Madeira Laminada Colada Cruzada (MLCC). O CLT, de acordo com Oliveira (2018)[4], é um material de construção composto por várias camadas de madeira coladas umas sobre as outras em ângulos retos, conferindo alta resistência e estabilidade estrutural. Além disso, o uso do CLT é uma opção sustentável e ecologicamente correta, uma vez que a madeira é um recurso renovável e de baixo impacto ambiental.

No entanto, qualquer elemento construtivo exposto feito de madeira requer proteção contra intempéries, como insolação, chuva e vento, para evitar danos irreparáveis e garantir a durabilidade do sistema. As vedações verticais, quando utilizadas externamente em edifícios, estão sujeitas a variações de temperatura ao longo da vida útil da construção, conforme Oliveira (2018)[4]. Portanto, é fundamental que essas estruturas não apresentem grandes deslocamentos, fissuras ou falhas, a fim de assegurar a resistência e a durabilidade dos painéis de CLT nessas condições. Assim, a análise de choque térmico desempenha um papel fundamental na determinação do

comportamento dos painéis de CLT diante das agressões ambientais, garantindo a proteção do material contra possíveis danos causados pela exposição ao calor e ao frio, ao mesmo tempo em que mantém o desempenho exigido de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2021)[5]. Pelo exposto, objetiva-se neste trabalho verificar o comportamento de um sistema de vedação vertical externo (SVVE) composto por elementos em CLT (*Cross Laminated Timber*) conforme as exigências da NBR 15575-4 (ABNT, 2021)[5] frente à ação de calor e choque térmico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado nas dependências permanentes do Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil (ITT Performance), da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) e foram utilizadas como amostras dois exemplares (E6697-1 e E6697-2) de um sistema de vedação vertical externo (SVVE) com dimensões aproximadas de 120X240 cm (comprimento x altura), sem aberturas (Figura 1).

**Figura 1: Condição inicial dos exemplares antes da realização dos ensaios, (a) face externa da amostra, será exposta ao calor (b) face interna da amostra, não será exposta ao calor**

**(a)**  **(b)** 

Fonte: Os autores.

A composição das amostras pode ser observada na Tabela 1.

**Tabela 1: Composição construtiva das amostras**

| Sistema | Material | Propriedade |
|---|---|---|
| Revestimento externo | *Isolare*[1] | 2 demãos após lixamento com grana 120-150 |
| | *Stain*[2] | 2 demãos após aplicação de *Isolare* e lixamento grana 280-320 |
| Substrato | Placas de Madeira Laminada (CLT) | $f_{c,0,k}$ 24 MPa<br>Espessura 10 cm |
| Revestimento interno | Sem revestimento | |
| Junta | Dispositivos de fixação | Parafusos Rothoblaas® HBR 6x100 a cada 15 cm em encaixe tipo *Gerber* |
| | Tratamento | Selante a base de silicone |

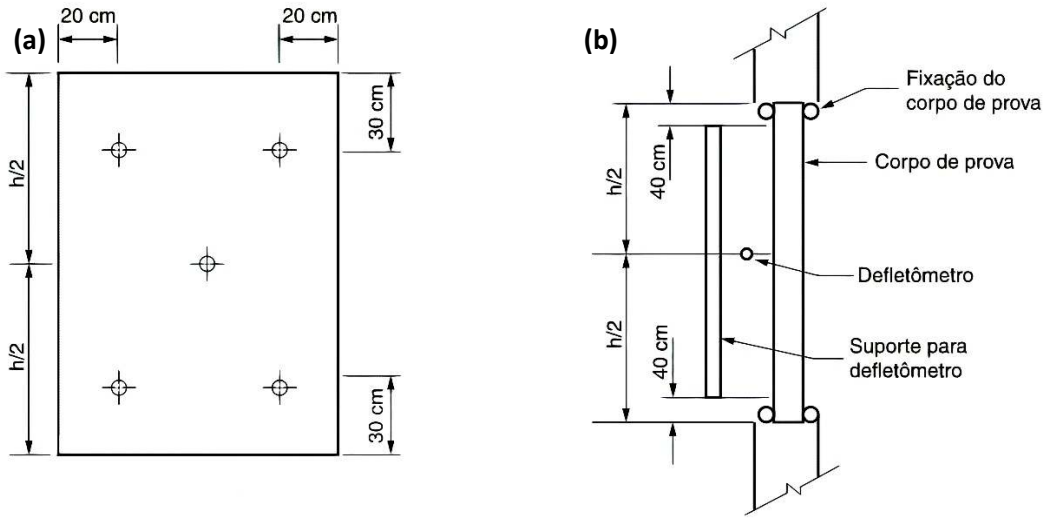
Fonte: Os autores.

[1] O *Isolare* reduz os impactos causados pelos compostos extrativos presentes nas madeiras resinosas, aprimora a aderência do revestimento que será aplicado.
[2] O *stain* é um tipo de impregnante de acabamento acetinado que possui como função preservar a aparência natural da madeira de forma "invisível".

O método de ensaio adotado no presente estudo segue as especificações detalhadas no Anexo E da ABNT NBR 15575-4 (ABNT, 2021)[5]. Os exemplares utilizados foram submetidos a um total de 10 ciclos consecutivos de aquecimento, atingindo uma temperatura de até 80ºC, com uma variação de ± 3 ºC. Essa temperatura foi mantida por um período de 1 hora, seguido por um resfriamento até 20 ºC, com uma variação de ± 5 ºC. Durante cada ciclo, foram realizadas medições do deslocamento horizontal após 45 minutos de estabilização da temperatura na superfície externa do Sistema de Vedações Verticais Externas (SVVE) a 80 ± 3 °C, bem como imediatamente após o resfriamento.

Durante a execução do ensaio, todas as ocorrências na face interna da amostra foram minuciosamente monitoradas. Para medir as temperaturas na face exposta ao calor dos exemplares, foram empregados cinco termopares do tipo K, dispostos de acordo com a disposição apresentada na Figura 2a. O deslocamento horizontal foi avaliado no ponto central da face oposta à incidência de radiação. Conforme estipulado pela NBR 15575-4 (ABNT, 2021)[5], esse deslocamento não pode exceder h/300, onde h representa a altura da amostra. Detalhes sobre a instrumentação utilizada podem ser observados na Figura 2b. Nesse contexto, é importante destacar que, de acordo com o presente estudo, o deslocamento horizontal não deve ultrapassar 0,8 cm, obtido através do cálculo h=2400/300, o que representa 8 mm. Essa limitação é necessária para assegurar a conformidade com as diretrizes estabelecidas na NBR 15575 (2021)[5] e garantir a qualidade e a segurança do sistema avaliado.

**Figura 2: Posicionamento (a) dos termopares na superfície do corpo de prova e (b) do defletômetro**




Fonte: ABNT (2021), adaptado pelos autores (2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os deslocamentos horizontais identificados nos dois exemplares durante os ciclos de ensaio podem ser observados na Tabela 2.

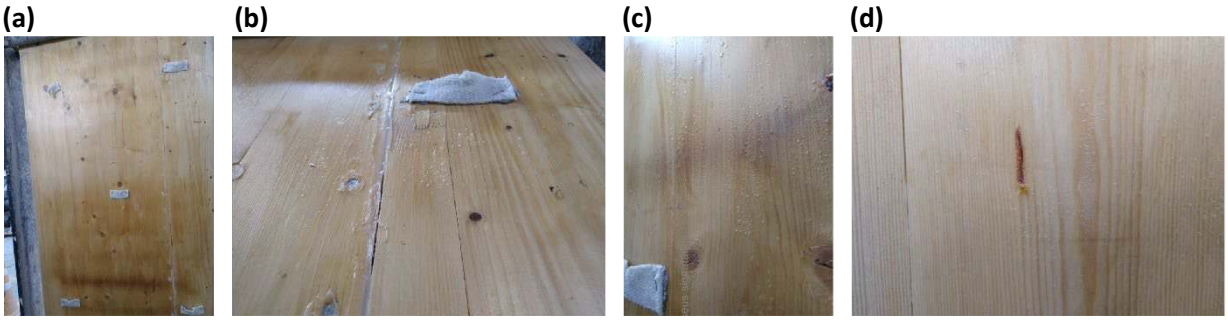
**Tabela 2: Deslocamentos obtidos nos exemplares**

| Ciclo | $\|d_h\|$ (mm) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | E6697-1 | | | E6697-2 | | |
| | Aos 45 minutos | Após o resfriamento | Ocorrências | Aos 45 minutos | Após o resfriamento | Ocorrências |
| 1 | 0,40 | 0,42 | Nenhuma | 0,16 | 0,06 | Nenhuma |
| 2 | 0,69 | 0,70 | Nenhuma | 1,80 | 1,96 | Nenhuma |
| 3 | 0,67 | 0,70 | Nenhuma | 2,24 | 2,34 | Nenhuma |
| 4 | 0,72 | 0,75 | Nenhuma | 1,07 | 0,87 | Nenhuma |
| 5 | 0,74 | 0,71 | Nenhuma | 0,97 | 0,78 | Nenhuma |
| 6 | 0,74 | 0,72 | Nenhuma | 0,72 | 0,31 | Nenhuma |
| 7 | 0,77 | 0,72 | Nenhuma | 2,34 | 2,29 | Nenhuma |
| 8 | 0,78 | 0,73 | Nenhuma | 0,80 | 0,67 | Nenhuma |
| 9 | 0,71 | 0,72 | Nenhuma | 1,09 | 1,01 | Nenhuma |
| 10 | 0,10 | 0,01 | Nenhuma | 1,23 | 1,02 | Nenhuma |

Fonte: Os autores.

Conforme a Tabela 2, os deslocamentos horizontais nos exemplares não excederam 0,8 cm (h/300), estando portando de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2021)[5], estes resultados corroboraram aos de Oliveira (2018)[4], que também realizou ensaios de calor e choque térmico em painéis de CLT, todavia, em seu estudo, o deslocamento máximo permitido era de 8,3 mm (h =2500mm/300 = 8,3mm). Nas Figuras 3 e 4 podem ser visualizadas as faces externas dos exemplares (expostas ao calor), após o ensaio.

**Figura 3: Face externa do E6697-1 após realização do ensaio. (a, c, d) alterações na coloração, (b, c, d) bolhas, (b, d) frestas entre painéis**




Fonte: Os autores.

**Figura 4: Face externa do exemplar E6697-2 após realização do ensaio. (a, b, c) alterações na coloração, (b, c) bolhas superficiais, (b) fissuras entre painéis**




Fonte: Os autores.

As principais ocorrências percebidas nas faces externas dos exemplares foram a alteração na tonalidade do material (Figura 3a, c, d e Figura 4a, b, c), o surgimento de bolhas superficiais na camada superficial do revestimento (Figura 3b, c e Figura 4b, c),

e o surgimento de frestas na selagem dos painéis (Figura 3b, d e Figura 4b). Essas alterações não ocorreram nos ensaios de Oliveira (2018)[4], que considerou para a ação do calor e choque térmico, os seus painéis analisados como aptos a serem empregados como vedação vertical externa. Do ponto de vista do deslocamento horizontal, o presente estudo atende ao disposto pela NBR 15575 (ABNT, 2021)[5], contudo as alterações percebidas na sua face externa, podem futuramente promover o surgimento de problemas à sua estrutura.

## CONCLUSÕES

Os painéis avaliados demonstraram conformidade dentro dos limites estabelecidos pela NBR 15575 (ABNT, 2021)[5] para os deslocamentos horizontais durante o ensaio de choque térmico, sendo considerados aprovados nesse aspecto. No entanto, as alterações observadas nas faces expostas dos painéis podem indicar a possibilidade de surgimento de problemas futuros quando os painéis estiverem expostos. Logo, é responsabilidade do arquiteto considerar o encapsulamento dos painéis em projeto, ou seja, revesti-los quando estiverem sujeitos às condições climáticas, uma vez que a biodeterioração inerente ao material é uma questão crítica para sistemas construtivos baseados em madeira e pode contribuir para sua degradação. É importante ressaltar que o número de amostras ensaiadas é limitado para conclusões definitivas de que todos os painéis em CLT devem ser revestidos ao serem utilizados em ambientes expostos, especialmente considerando estudos similares que encontraram resultados positivos. No entanto, esse é um parâmetro que deve ser analisado com cautela, visando a durabilidade e o cumprimento da vida útil projetada especificada.

## REFERÊNCIAS


[1] MARTINS, K. H. **Análise do desempenho térmico e energético de painéis CLT nacionais para o clima de Foz do Iguaçu-PR**. 2022, 240f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território, Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu-PR, 2022.

[2] WIT, M; HOOGZAAD, J; DANIELS C. V. **The Circularity Gap Report (CGR), 2020**. Circle Economy: [s/l], 2020. Disponível em: https://www.circularity-gap.world/about. Acesso em: 21 abr. 2023.

[3] ARAUJO, V. A.; VASCONCELOS, J. S; MORALES, E. A. M; GAVA, M; SAVI, A. F. Wooden residential buildings: a sustainable approach. **Bulletin of the Transilvania University of Braşov**, Romênia, v. 9, n. 2, 2016.

[4] OLIVEIRA, G. L. **Cross Laminated Timber (CLT) no Brasil:** processo construtivo e desempenho. Recomendações para o processo do projeto arquitetônico. 2018, 194f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

[5] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.