

MADEIRA LAMINADA COLADA CRUZADA (MLCC) E CONFORTO TÉRMICO

**RODRIGO FIGUEIREDO TEREZO¹, CARLOS AUGUSTO DE PAIVA SAMPAIO²,
ILSON VASSEM JÚNIOR³, KENEDY DE SOUZA SANTOS³, LEONARDO MOTTA
DA COSTA SILVA³**

¹ Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), rodrigo.terezo@udesc.br

² Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), carlos.sampaio@udesc.br

³ Discentes, (CAV/UDESC), jrvassem@hotmail.com; kennedyssantos1402@gmail.com; leonardomottasilva@outlook.com

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho térmico de cobertura de telhas de fibrocimento associado a estrutura de madeira laminada colada cruzada (MLCC), comparando com coberturas de telhas cerâmicas, de fibrocimento e de alumínio, todas em estado de novas sem sujeiras na superfície, com base nos índices de conforto térmico, usando modelos reduzidos de instalações rurais convencionais, em condições de inverno. O modelo não convencional em MLCC era formado por placas de fechamento laterais e de forro formando uma estrutura autoportante com poucas aberturas de entrada de ar e apresentou redução para todos os índices de conforto térmico (ITGU- índice de temperatura de globo negro e umidade; CTR- carga térmica de radiação e entalpia específica) em comparação aos outros telhados. Apresentou ainda menor CTR ($446,39 \text{ W.m}^{-2}$), o que mostra sua capacidade de amortecimento do calor. Considerando o valor de 75 como referência para ITGU, pode-se concluir que os ambientes formados por CLT e telhas cerâmicas foram desconfortáveis para o frio. Os resultados deste estudo permitem maior conhecimento sobre as oportunidades e desafios para utilização do sistema MLCC no mercado brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: pré-fabricação em madeira, autoportante, inércia térmica

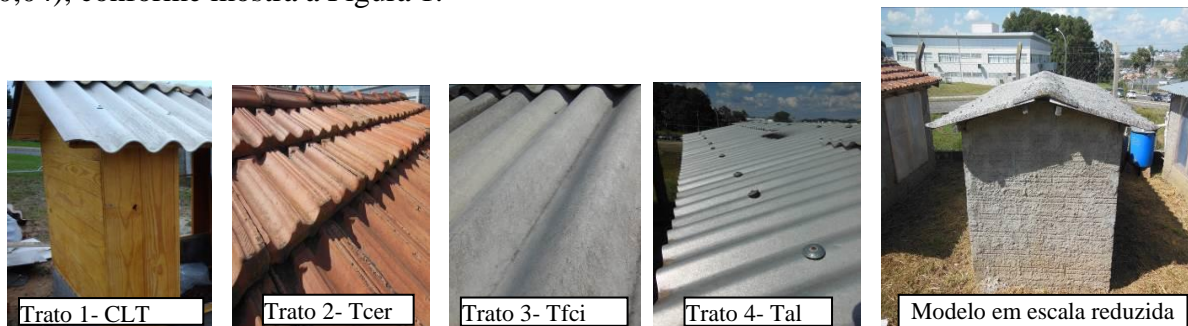
CROSS LAMINATED TIMBER (CLT) AND THERMAL COMFORT

ABSTRACT: This work aimed to evaluate the thermal performance of coverage of fiber cement tiles associated with Cross Laminated Timber (CLT) compared as the ceramic tiles, fiber cement tiles and aluminum roof tiles, all in new condition with no dirt on surface, based on thermal comfort indexes, using physical conventional models of reduced scale rural facilities, in conditions of winter season. The non-conventional CLT model consisted of closing walls and lining forming a self-supporting structure and with few air inlets. The CLT non-conventional model presented a reduction for all thermal comfort indexes (BGHI- black globe humidity index; RHL- radiant heat load and specific enthalpy) compared to other conventional roofs. It presented an even lower RHL (446.39 W.m^{-2}), which shows the thermal damping capacity. Considering the value of 75 as a reference for ITGU, it can be concluded that the environments formed by CLT and ceramic tiles were uncomfortable for the cold. The study results allow a better understanding of the opportunities and challenges for the use of CLT in Brazil.

KEYWORDS: precasting in wood, self-supporting, thermal inertia

INTRODUÇÃO: A sensação térmica de frio ou calor depende das condições ambientais e das propriedades do material, incluindo as temperaturas superficiais e da facilidade de trocas térmicas com o meio. O desconforto térmico pode ser produzido por telhas e paredes aquecidas em ambientes externos que são expostos à radiação solar, conseqüentemente por ambientes quentes internamente. Os materiais tradicionais de cobertura e de construção já são conhecidos e podem ser encontrados no comércio. No entanto, materiais novos e não-convencionais precisam ser avaliados quanto aos desempenhos térmico e estrutural e de custos. A tecnologia construtiva denominada Cross Laminated Timber (CLT) ou Madeira Laminada Colada Cruzada (MLCC) começa a despertar interesse no Brasil, tanto por suas características de industrialização e de sustentabilidade, como pelo grande potencial madeireiro do país. Estudo de emprego desta tecnologia em edificações agrícolas é de bibliografia escassa e a maioria das pesquisas de conforto térmico é para as condições de verão. Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar o desempenho térmico de coberturas de telhas de fibrocimento associada a estrutura de CLT, de telhas cerâmica, de telhas de fibrocimento e de telhas de alumínio, todas em estado de novas e limpas, em modelos reduzidos de instalações rurais, a partir dos índices de conforto térmico, em condições de inverno.

MATERIAL E MÉTODOS: Esta pesquisa foi conduzida na área experimental de Ambiência, localizada no Estado de Santa Catarina, Brasil ($27^{\circ}48'58''$ S e $50^{\circ}19'34''$ W), em condições de verão extremo. Quatro modelos, com direção Leste-Oeste, em escala distorcida foram construídos, de acordo com a teoria de similitude, na escala 1:10 nas dimensões horizontais e 1: 2 nas dimensões verticais, com medidas internas de 3,00 m de comprimento, 1,40 m de largura e 1,50 m de altura até a linha da tesoura, e afastados entre si para evitar sombreamento. Três modelos foram construídos de tijolos furados e argamassados, com estrutura do telhado em madeira e um quarto modelo foi construído em CLT. O CLT foi formado por 3 tábuas de espessura de 2 cm cada, cruzadas e coladas com poliuretano reativo, serradas no tamanho desejado, formando uma estrutura autoportante de 6 cm de espessura. O entorno dos modelos era formado por grama rala e cascalho e nas laterais norte-sul foram fechadas com filme para estufa de 100 μ . As possíveis aberturas, principalmente no telhado, foram fechadas com espuma de poliuretano, para evitar ao máximo, trocas térmicas pelo vento. Os telhados avaliados, considerados tratamentos, foram os seguintes: Trato 1- telhas de fibrocimento corrugadas limpas (5mm de espessura, $k \cong 0,65$ W/m.K; $\varepsilon = 0,95$) montadas sobre forro estrutural de CLT (6cm de espessura, $k \cong 0,13$ W/m.K; $\varepsilon \cong 0,80$) (CLT). Trato 2- telhas cerâmicas limpas tipo francesas (Tcer) ($k \cong 0,93$ W/m.K; $\varepsilon = 0,95$). Trato 3- telhas de fibrocimento corrugadas limpas (Tfci) (5mm de espessura, $k \cong 0,65$ W/m.K; $\varepsilon = 0,95$). Trato 4- telhas corrugadas de alumínio limpas (Tal) (0,50mm de espessura, $k \cong 205$ W/m.K; $\varepsilon = 0,04$), conforme mostra a Figura 1.

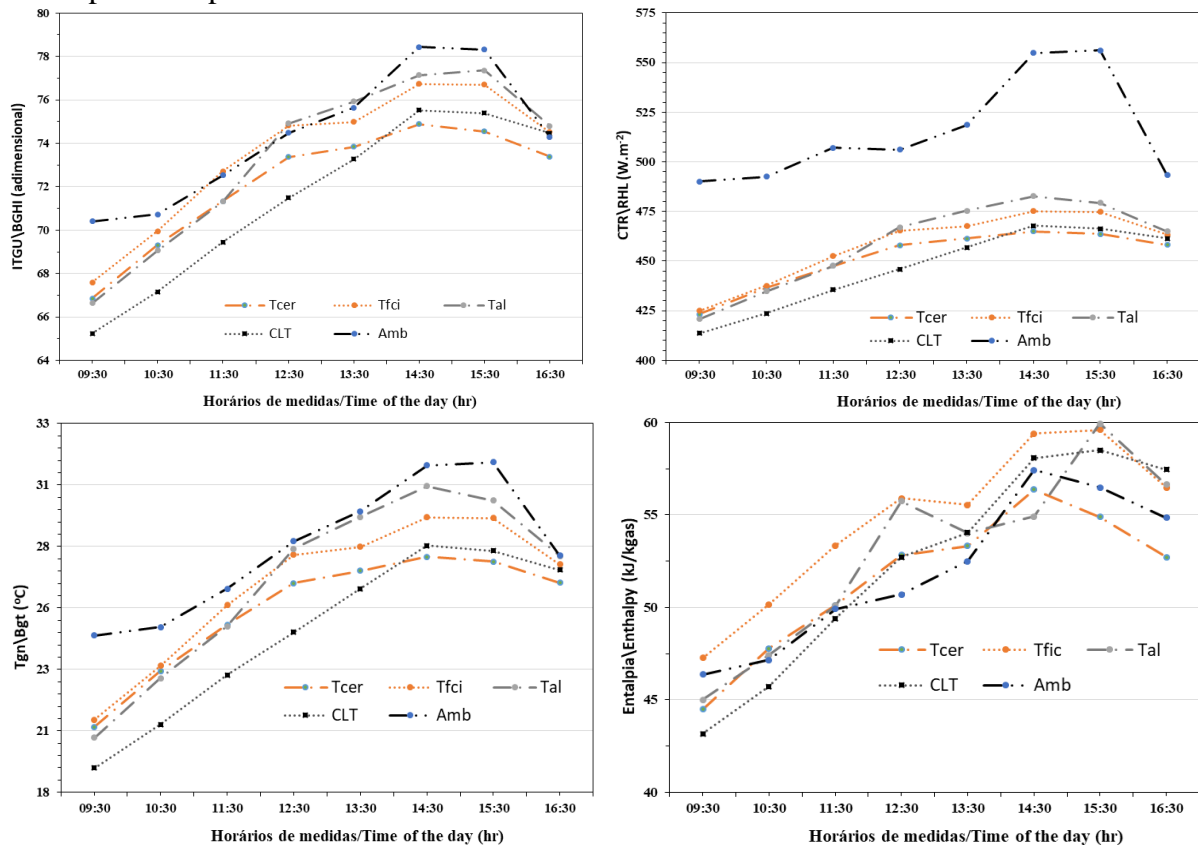


(CLT)- telhas de fibrocimento corrugadas montadas sobre forro de CLT formando uma estrutura autoportante. (Tcer)- telhas cerâmicas. (Tfci)- telhas de fibrocimento. (Tal)- telhas aluzinco.

Figura 1. Vista externa dos telhados e do modelo em escala reduzida de instalações rurais.

k , ϵ representam a condutibilidade térmica e a emissividade, respectivamente. A inclinação média de todos os telhados foi de 25%. As medidas foram realizadas a intervalos horários, entre 9:30 e 16:30 h, em 10 dias de inverno, nos meses de julho (1 dia), agosto (6 dias) e setembro (3 dias). O delineamento foi em blocos casualizados (horas diárias), os dias como repetição e 4 tratamentos, sendo o ambiente externo não sombreado como controle, para a comparação dos índices de conforto térmico. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste “F” e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 2 mostra o desenvolvimento de ITGU, CTR, Tgn e Entalpia do ar para os horários de medidas.



(CLT)- telhas de fibrocimento corrugadas montadas sobre forro de CLT formando uma estrutura autoportante. (Tcer)- telhas cerâmicas. (Tfci)- telhas de fibrocimento. (Tal)- telhas aluzinco. (Amb)- ambiente exterior.

Figura 2. Valores médios de ITGU, CTR, Tgn e Entalpia do ar, de acordo com os horários de medidas.

Os valores médios de ITGU foram de 71,49; 72,19; 73,50 e de 73,40 para os tratamentos CLT, Tcer, Tfci e Tal, respectivamente. Os ITGUs registrados nos modelos reduzidos foram inferiores à média registrada no ambiente externo (ITGU = 74,35). Esses resultados são similares aos obtidos por SILVA et al. (2015, a, b), CARNEIRO et al. (2015), AKAMINE e PASSINI (2017) para telhados convencionais. Determinou-se, com os valores de ITGU obtidos, a efetividade térmica (e) (SILVA et al. (2015, b) de cada tipo de telha obtendo-se os valores de 2,99; 2,26; 0,89 e 1,00, para os tratamentos CLT, Tcer, Tfci e Tal, respectivamente. As coberturas que apresentam o mesmo desempenho térmico em relação à de alumínio indicam $e = 1$, coberturas com melhor desempenho indicam $e > 1$ e coberturas com pior desempenho indicam $e < 1$, sendo que apenas o tratamento Tfci apresentou desempenho térmico pior do que a cobertura de alumínio. O telhado formado por CLT foi o que mais amorteceu o calor. CASTRO et al. (2017) usaram forros de polipropileno em telhados de

fibrocimento e de cerâmica e, concluíram que essa técnica contribuiu para reduzir os índices nos ambientes, independente do tipo de telha. Resultado semelhante foi encontrado neste trabalho, em que a cobertura com o CLT proporcionou diminuição nos valores dos índices de conforto térmico. Os valores médios de CTR foram de 446,39; 451,70; 457,66; 459,07 e de 514,84 W.m² para os tratamentos CLT, Tcer, Tfci, Tal e o Ambiente, respectivamente. Esse índice respondeu semelhante, estatisticamente, ao ITGU. Nota-se significativa redução da CTR em relação ao ambiente não sombreado. Esses resultados, na totalidade ou para alguns, são similares aos obtidos por SILVA et al. (2015, a), AKAMINE e PASSINI (2017). O ITGU é um indicador importante das condições ambientais, entretanto, deve-se evitar ao máximo trocas térmicas pelo vento próximo aos telhados e mesmo no interior dos modelos, para evitar resultados “distorcidos” para ITGU em comparação ao índice CTR, que considera a velocidade do ar combinada a outras variáveis. O Tgn respondeu semelhante aos índices ITGU e CTR e no ambiente com o CLT registrou-se, basicamente, os menores valores. Como os modelos eram fechados, a entalpia nesses ambientes foi, basicamente, maior em comparação com a entalpia no exterior a estes.

CONCLUSÕES: O CLT mostrou potencial para uso em edificações rurais devido às suas propriedades térmicas e com a vantagem de ser autoportante. O ambiente externo apresentou menor amortecimento pelo calor, o que é favorável nas condições de frio, devendo-se, porém, precaver dos ventos frios. Pode ser que ocorra estresse pelo frio em alguns ambientes, principalmente se considerar o valor de 75 como referência para ITGU, para a maioria dos animais produzidos em instalações fechadas, dessa forma meios para aumentar o calor nesses ambientes pode ser necessária, principalmente nos horários mais frios.

AGRADECIMENTOS: À UDESC e FAPESC, pelo aporte financeiro da pesquisa.

REFERÊNCIAS:

- AKAMINE, L.A.; PASSINI, R. Índices de conforto térmico para aves em modelos reduzidos com diferentes coberturas. **Revista Espacios**, v.38, n.6, p.7-21, 2017.
- CARNEIRO, T.A.; GUISELINI, C.; PANDORFI, H.; LOPES NETO, J.P.; LOGES, V.; SOUZA, R.F.L. Condicionamento térmico primário de instalações rurais por meio de diferentes tipos de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.11, p.1086-192, 2015.
- CASTRO, A.C; SILVA, I.J.O.; NAZARENO, A.C.; NUNES, M.L.A.; PIEDADE, S.M.S. Thermal efficiency of different coverage materials in reduced models of animal husbandry facilities: a case study. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.37, n.3, p.403-413, 2017. Doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n3p403-413/2017>
- SILVA, M.G.; MARTIN, S.; OLIVEIRA, C.E.G.; MOSCON, E.S., DAMASCENO, F.A. Desempenho térmico de tipos de coberturas no interior de modelos reduzidos de galpões avícolas. **Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 30, n.3, p.269-275, 2015. (a)
- SILVA, K.C.P.; CAMPOS, A.T.; YANAGI JUNIOR, T.; CECCHIN, D.; LOURENÇONI, D.; FERREIRA, J.C. Reaproveitamento de resíduos de embalagens Tetra Pak-® em coberturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.1, p.58-63, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n1p58-63> (b).