

PAINÉIS ESTRUTURAIS EM MADEIRA LAMINADA

João Laryan Borges Riguez¹, Rodrigo Figueiredo Terezo²

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal - CAV - bolsista PROBITI/UDESC.

² Orientador, Departamento de Engenharia Florestal - CAV - rodrigo.terezo@udesc.br.

Palavras-chave: Função Estrutural. Desempenho Mecânico. Elementos finitos.

O Pannel de madeira laminada cruzada (PMLC) é um material construtivo inovador, constituído por tábuas de madeira coladas em camadas no sentido transversal. Os painéis têm função estrutural, funcionando como laje e parede. Como o material ainda não se consolidou no mercado brasileiro, foi desenvolvida uma análise econômica comparando o preço de uma obra de PMLC com obras de alvenaria de vedação e alvenaria estrutural. Em 6 PMLC, fabricados pelo LABCOM, foram feitas análise de desempenho mecânico, realizando ensaio laboratorial de flexão, e análise em elementos finitos, utilizando o programa computacional RFEM. Neste resumo será apresentado o processo de fabricação do PMLC. A madeira utilizada para a confecções dos PMLC é de *Pinus taeda*, proveniente de reflorestamento do Planalto Catarinense. O processo de desdobro das tábuas ocorreu em parceria com a empresa Riguez Madeira. A secagem foi realizada no pátio fabril da empresa parceira. Todas as tábuas foram identificadas e avaliadas quanto à rigidez com ensaio não destrutivo de flexão à três pontos para determinação do módulo de elasticidade. Esse dado é necessário para modelagem dos painéis no programa de elementos finitos. O processo de fabricação do pannel consiste em plainar as tábuas; distribuir as tábuas da camada inferior lado a lado e aplicar cola; Aplicar cola nas tábuas da camada intermediária e distribuí-las lado a lado, no sentido transversal, sobre a camada inferior; Aplicar cola nas tábuas da camada superior e distribuí-las lado a lado sobre a camada intermediária; e prensar o pannel. O adesivo estrutural utilizado na montagem dos painéis é a base de poliuretano monocomponente. Para aplicar pressão de colagem foi utilizada uma prensa manual com pressão de 6 Mpa. As laterais foram prensadas por meio de cintas de amarração tensionadas com catracas. A pressão de colagem foi mantida por 24 horas. Para avaliar a rigidez dos painéis, foram realizados ensaios de flexão. O ensaio foi feito de forma não destrutiva, no regime elástico. Devido a isso foi possível realizar o ensaio nos dois lados dos painéis, identificados como lados A e B. A distância entre os apoios escolhida foi de 2,2 m e a carga máxima foi de 3 kN. Foi elaborado um sistema de aplicação de força com uma célula de carga U10M/5kN para medição da carga aplicada, um macaco hidráulico com capacidade de 15000 kN e dois transdutores de deslocamento de WA 50 mm para medir o deslocamento. O programa de aquisição de dados utilizado foi o HBM catman easy. Para aumentar o valor do carregamento aplicado, o macaco hidráulico era acionado manualmente, empurrando o cutelo em direção ao pannel. A velocidade de aplicação de força foi de aproximadamente 10 mm/min. Os painéis foram modelados utilizando o programa computacional RFEM e seu módulo adicional RF-Laminate. No RFEM devem ser informados a largura e comprimento da estrutura, os tipos e posição dos apoios e o

valor e a natureza do carregamento aplicado. Já no módulo RF-Laminate, são informadas as propriedades do material, o número e a espessura das camadas, a direção das lamelas e as características mecânicas da madeira. Os apoios no modelo foram considerados como vínculos de 2º gênero, com as rotações liberadas e os deslocamentos impedidos. Na modelagem dos painéis, foi utilizada a mesma carga e dimensões do ensaio laboratorial, com o objetivo de averiguar se o programa computacional tem resultados próximos ao real. Para a análise econômica foi realizada a composição dos preços por hora de trabalho dos painéis. Para isso, foi cronometrado o tempo de cada tarefa, durante todas as etapas do processo de fabricação. Para obtenção do custo global por m², foram obtidos os preços e a quantidade de materiais utilizados, e o custo de mão-de-obra foi conforme valores médios da região de Lages para o ano de 2018, sendo adicionadas as cargas tributárias. Os custos para os outros materiais de construção foram feitos com auxílio da Tabela de Composição de Preços e Orçamento, o custo do material e mão-de-obra foram feitos com média dos preços na mesma região. Neste trabalho buscou-se como resultado, um custo abaixo ou equivalente aos outros materiais convencionais (tijolos e concreto) com resistência x peso superior. Por meio destas análises será possível estimar os custos para a produção de painéis de madeira laminada colada de *Pinus sp.* e analisar o seu desempenho estrutural. Para estimativas dos custos, a análise econômica comparou a produção de PMLC com alvenaria de vedação e alvenaria estrutural, sendo esta dividida em três tabelas: mão de obra; materiais e equipamentos; leis sociais e beneficiamento e despesas indiretas. A partir do ensaio de flexão foi possível obter o módulo de elasticidade dos painéis, o menor valor encontrado foi de 8621 MPa e o maior 13745 MPa. O documento técnico European Technical Approval 06/0138 recomenda valor mínimo de módulo de elasticidade de 12000 MPa, dessa forma, apenas um painel atenderia ao documento. Esses valores talvez seriam alcançados com painéis de cinco camadas ou com tábuas de espessura maiores. Os resultados de deslocamento da modelagem em elementos finitos tiveram uma diferença significativa em relação ao ensaio, chegando a 15,8 %. Na análise econômica observou-se que o custo total de mão de obra para produção de estruturas em alvenaria é em média R\$ 21,00 mais caro que com o PMLC, isto representa cerca de 40% a mais no custo total para produção de um painel. Observa-se também que o custo total de materiais e equipamento para produção de alvenaria é em média R\$ 55,00 mais barato que os de PMLC. Isto se deve ao fato do preço da madeira ser elevado e possuir mais etapas na fabricação da mesma. Quando comparadas as leis sociais e os benefícios e despesas indiretas, observa-se que o PMLC apresenta uma vantagem de custo total em relação a estrutural de alvenaria de vedação e alvenaria estrutural. O PMLC também apresentou uma redução de aproximadamente R\$ 25,00 em custos de leis sociais e uma redução de aproximadamente R\$ 3,28 em relação a alvenaria de vedação e aproximadamente R\$ 9,00 de redução comparada a alvenaria estrutural.