

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ESTRUTURAL E DE QUALIDADE DE COLAGEM DE MLC COM SEÇÕES TRANSVERSAIS DE DIFERENTES MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO

João Vitor Ferreira de Oliveira, Julio Cesar Molina

Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo

jv.f.oliveira@usp.br

Introdução

A Madeira Lamelada Colada (MLC) está se consolidando como uma solução estrutural inovadora e sustentável no Brasil. Entretanto, a combinação de diferentes espécies de madeira em uma única seção transversal ainda é pouco explorada, especialmente em relação à qualidade da colagem e ao comportamento estrutural. Este trabalho investigou vigas de MLC compostas por pinus e eucalipto na mesma seção, visando avaliar a influência dessas diferentes espécies na eficiência estrutural e na qualidade das colagens.

Métodos e Procedimentos

Seis vigas de MLC foram confeccionadas, divididas em dois grupos: três vigas com pinus nas lamelas externas (vigas de 1 a 3) e eucalipto nas internas, e três com a configuração inversa (vigas de 4 a 6), conforme a Figura 1. Nos ensaios de flexão seguiu-se as premissas da ABNT NBR 7190-4:2022, sendo as vigas foram testadas em um pórtico de reação com aplicação de carga nos terços do vão, permitindo a coleta de dados de força e deslocamento para determinar o módulo de elasticidade à flexão (E_0) e a resistência à flexão. Após esses ensaios, corpos de prova foram extraídos das vigas rompidas para verificar a qualidade da colagem com base na ABNT NBR 7190-6:2022. Foram realizados ensaios de cisalhamento das linhas de cola, e ensaios de delaminação em autoclave e estufa.

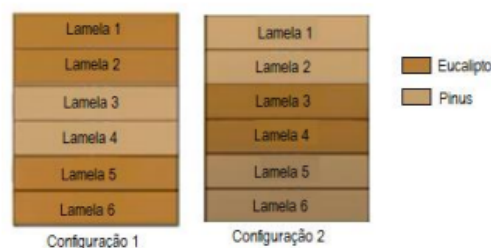


Figura 1 - Configuração das vigas

Resultados

No que diz respeito ao Módulo de Elasticidade à Flexão (E_0), as vigas com eucalipto nas extremidades mostraram valores médios de E_0 em torno de 19.538 MPa (desvio padrão relativo de 11%), enquanto as vigas com pinus nas extremidades tiveram E_0 de aproximadamente 8.679 MPa (desvio padrão relativo de 9%). Os valores de E_0 estão apresentados na Tabela 1 a seguir.

Vigas	E_0 (MPa)
1	9.375
2	8.841
3	7.821
4	17.690
5	22.025
6	18.898

Tabela 1 - Resultados obtidos nos ensaios de flexão para o módulo de elasticidade

Tratando-se da resistência ao cisalhamento, esta foi maior na combinação eucalipto-eucalipto (8.910 MPa), seguida por pinus-pinus (7.520 MPa), com a menor resistência observada na combinação eucalipto-pinus (6.258 MPa). Esses dados estão apresentados na *Tabela 2*.

Ligação	f_{v0} (MPa)	Ruptura na madeira (%)
PP	7.520	87,5%
PE	6.258	70,0%
EE	8.910	18,0%

Tabela 2 - Resumo de resultados obtidos nos ensaios de cisalhamento na linha de cola

Os ensaios de delaminação indicaram uma delaminação total média em torno de 2%, conforme permitido pelas normas, mas com uma alta taxa de reprovação em termos de delaminação máxima, especialmente nas ligações entre diferentes madeiras. Estes resultados estão apresentados na *Tabela 3*.

Amostra	Delaminação total	Delaminação máx. de linha de cola
1	0,61%	33,06%
2	1,99%	99,95%
3	2,30%	98,36%
4	0,98%	59,68%
5	0,12%	12,06%
6	1,88%	98,65%
7	1,69%	98,97%
8	1,92%	98,78%
9	4,83%	99,01%
10	2,44%	99,30%
11	4,59%	98,39%
12	1,77%	78,56%

Tabela 3 - Resumo de resultados obtidos nos ensaios de ciclo de delaminação

Conclusões

Os resultados indicam que a combinação de diferentes espécies de madeira em uma seção transversal pode levar a problemas significativos na colagem e, consequentemente, comprometer a integridade estrutural das vigas de MLC. As vigas compostas por pinus e eucalipto apresentaram uma maior tendência a falhas na colagem, especialmente quando pinus foi utilizado nas lamelas externas. A alta densidade do eucalipto dificultou a penetração do adesivo, resultando em uma colagem menos eficaz. Além disso, o estudo destaca a necessidade de revisões nos parâmetros normativos, especialmente no que tange aos ensaios de delaminação, para evitar reprovações injustificadas e garantir a viabilidade estrutural de MLCs com múltiplas espécies de madeira.

Agradecimentos

Ao Programa Unificado de Bolsas da Pró-Reitoria de Inclusão e Pertencimento da USP.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Parte 4: Métodos de ensaio para caracterização de peças estruturais**. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Parte 6: Métodos de ensaio para caracterização de madeira lamelada colada estrutural**. Rio de Janeiro, 2022.

NOGUEIRA, R. S. **Proposta de um método de ensaio para controle de qualidade na produção de elementos estruturais de MLC e de LVL**. 2017. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil (Estruturas)) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.