

MADEIRA LAMELADA COLADA DE PARICÁ (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) TRATADAS QUIMICAMENTE

**RODRIGO FIGUEIREDO TEREZO¹, CARLOS AUGUSTO DE PAIVA SAMPAIO²,
FRANCIELE OLIVEIRA DE CÓRDOVA³**

¹ Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina, 49-3289.9111, rodrigo.terezo@udesc.br

² Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina, 49-3289.9125, carlos.sampaio@udesc.br

³ MSc., Universidade do Estado de Santa Catarina, 49-3289.9111, foc_fran@hotmail.com

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho da madeira de paricá na composição de vigas de Madeira Lamelada Colada - MLC. Foram realizados três tratamentos: foram usadas vigas MLC da madeira natural sem preservantes químicos; as lamelas individuais foram quimicamente preservadas e posteriormente coladas; e as vigas que foram preservadas quimicamente, e formadas pela colagem de lamelas naturais. As posições das lamelas nas vigas foram definidas pelo Módulo de Elasticidade – MOE e estimados por teste não destrutivo. Foi realizada uma comparação entre as vigas em relação as suas flechas analíticas, determinadas pelo Método de Homogeneização da Seção, e as flechas experimentais mensuradas por ensaio de ensaio de flexão à quatro pontos. Houve diferença estatística quanto aos deslocamentos avaliados, sendo a flecha experimental menor que a analítica. Não houve perda significativa de resistência ao cisalhamento e nem do MOE. Porém, a resistência axial das vigas sem tratamento químico foi significativamente superior às vigas tratadas com lamelas naturais. Conclui-se que a colagem de lamelas preservadas não afetou o desempenho das vigas.

PALAVRAS-CHAVE: madeira; vigas; estruturas.

GLUED LAMINATED OF PARICÁ TIMBER (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) TREATED CHEMICALLY.

ABSTRACT: The main objective of this work was to evaluate the performance of paricá timber in beams composition on Glue Laminated Timber – GLT. Three analyses were done: GLT beams were used with natural lamellas without chemical preservatives; the individual lamellas were chemical treated, and glued after; and the beams were treated chemically, being glued by natural lamellas. The position of lamellas on the beams were defined by own Modulus of Elasticity - MOE and were estimated by a non-destructive test. It was done a comparison between the beams about its analytical bends, determined by the Homogenized Section Method, and its experimental bends measured by the four-point bending test. It was statistical difference about the bends evaluated, that the experimental bend was less than the analytical bend. It wasn't verified a significant loose of the shear strength and even of MOE. In other way, the axial strength of untreated chemical beams were more high significantly than the beams treated with natural lamellas. Concludes that the gluing of lamellas treated do not affect the performance of the beams.

KEYWORDS: timber; beams; structures.

INTRODUÇÃO: A madeira de paricá apresenta facilidade em relação à remoção da casca, laminação, secagem, prensagem e excelente acabamento, de baixa durabilidade natural, bem como suscetível ao ataque de organismos xilófagos e, parta tal, Terezo & Szücs (2010)

descrevem que o tratamento preservativo se faz necessário para que esta madeira possa ser empregada como elemento não temporário. Furtado & Terezo (2014) realizaram uma análise do processo produtivo em laboratório para o controle de qualidade em MLC de paricá. Os autores destacam pontos críticos que exigem ações com objetivo de resultar num produto dentro dos padrões mínimos de qualidade, necessários para atingir, ganhar e manter mercado diferenciado frente aos demais produtos. Dentre estes pontos críticos, destaca-se a classificação mecânica através de ensaios não destrutivos. No Brasil, existem poucas fábricas no setor, porém um número significativo de empresas tem migrado da madeira nativa serrada para a produção de MLC de floresta plantada, procurando por novas espécies e inovação no mercado. Desta forma, agregasse valor a madeira de floresta plantada, diversificando a possibilidade de seu uso tecnológico pelo setor do agronegócio, sustentando-se assim o homem no campo (Nogueira, 2017). Além disso, pretende-se manter o uso da madeira, com baixo custo, em construções rurais devido a sua alta resistência mecânica em relação ao seu pequeno peso. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo analisar o desempenho mecânico de vigas MLC de paricá, em duas situações, a primeira com lamelas preservadas quimicamente e uso posterior como viga e a segunda, vigas MLC preservadas quimicamente no todo, comparando-as com vigas MLC de lamela natural sem tratamento químico.

MATERIAL E MÉTODOS: As toras de madeira foram retiradas de árvores com idades entre 6 e 28 anos de florestas plantadas da região nordeste do Estado do Pará. As toras foram serradas em pranchas (madeira serrada), secas em estufa, classificadas e transportadas até ao laboratório de tecnologia em Santa Catarina. Por classificação visual, foram selecionadas as tábuas isentas de defeitos, e serradas novamente em 84 lamelas de dimensões finais de 6,0 x 2,5 x 250,0 cm.

Determinação do Módulo de Elasticidade (MOE) das Lamelas: O MOE das lamelas foi determinado pelo ensaio de flexão à três pontos. O MOE foi medido no sentido de menor inércia da lamela. Para isso, foram utilizados dois cavaletes como apoios, vão livre de 230,0 cm e um carregamento de 7,5 kg no centro da peça, compatível com a propriedade elástica da madeira. Com uma régua graduada em cm, foi medido o deslocamento específico nas duas faces da lamela.

As lamelas foram separadas em duas classes, tendo como referência a média dos valores dos MOEs ($MOE_{\text{médio}}$): Classe 1: mais resistentes, acima do $MOE_{\text{médio}}$ (totalizando 42 lamelas); Classe 2: menos resistentes, abaixo do $MOE_{\text{médio}}$ (totalizando 42 lamelas). Na montagem das vigas, a partir dos 84 valores de MOEs, agrupou-se os 2 maiores MOEs na região mais extrema (mais solicitada) com os dois menores MOEs nas regiões próximas da linha neutra, visando o equilíbrio de rigidez entre todas as vigas.

Tratamento Químico: A preservação química foi realizada em duas etapas, ou seja, a primeira consistiu no tratamento apenas das lamelas para posterior montagem das vigas de MLC (vigas com Lamelas Tratadas - LT) e a segunda, das vigas MLC coladas com lamelas naturais (amostras Vigas Tratadas - VT). A forma de impregnação com substâncias químicas ocorreu por meio de ciclos de pressão variável em autoclave com o uso do preservante hidrossolúvel CCA (Arseniato de Cobre Cromatado).

Confecção das Vigas MLC: No processo de colagem para formação das vigas MLC, as lamelas foram aplainadas em suas duas faces, e em seguida, utilizado adesivo de resina sintética à base de resorcinol-formol (cascophen RS-216-M). Foi realizada a pesagem da mistura entre adesivo e endurecedor FM-60-M à 20% em relação a resina, até que atingisse o valor necessário para uma gramatura de 500 g.m². Após a prensagem a frio, com 0,8 MPa de pressão, as 5 vigas por tratamento foram armazenadas por um período de cura da cola de 48 horas. Em seguida as 15 vigas foram aplainadas, tendo em média as dimensões finais de 5,0 x 10,0 x 240,0 cm.

Método de Homogeneização da Seção (MHS): Melzerová et al. (2015) descrevem o MHS em seu trabalho revelando que o método consiste em substituir a seção transversal de uma peça de material heterogêneo em uma seção de MOE fictício equivalente, predizendo assim a flecha que poderá acontecer para uma determinada carga de maneira analítica.

Ensaio de Flexão Estática: Foi realizado o ensaio de flexão estática à quatro pontos nas vigas de MLC em pórtico de reação e sistema de aquisição de dados. Os valores experimentais foram extraídos dos gráficos “tensão x deformação” em um vão constante de 210 cm.

Análise Estatística: As flechas obtidas pelo método MHS (analítica), pelo método experimental bem como a comparação entre vigas MLC nos tratamentos foram avaliados pelo teste de variância F e pelo teste de média Tukey com um nível de significância de 95%, empregando o Delineamento Inteiramente Casualizado - DIC. Os MOE's obtidos experimentalmente foram para as vigas LT, VT e vigas Sem Tratamento – ST. Todos foram comparados pelo teste de variância F e pelo teste de média Tukey com um com um nível de significância de 95%, empregando o DIC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados em função da flecha analítica obtida pelo MHS e da flecha experimental dos três tratamentos são mostrados na Tabela 1.

TABELA 1 - Comparação entre valores analíticos e experimentais de flechas máximas obtidas nas vinte e uma vigas de MLC ensaiadas a flexão a quatro pontos.

Tratamentos		$\delta_{analítica}$	$\delta_{experimental}$	Diferença Absoluta	Diferença Relativa (%)
		(mm)	(mm)	($\delta_{analítica} - \delta_{experimental}$) (mm)	($\frac{\delta_{analítica} - \delta_{experimental}}{\delta_{experimental}} * 100$)
(LT)	Média	34,12 ab	22,15 a	11,97	33,75
	Coef. de variação	16,39	5,61		
(VT)	Média	30,40 a	20,05 a	10,35	34,10
	Coef. de variação	11,51	14,23		
(ST)	Média	37,54 b	22,74 a	14,80	38,41
	Coef. de variação	10,60	14,05		

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, entre tratamentos, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Os valores dos MOE's calculados através do ensaio de flexão a quatro pontos podem ser vistos na Tabela 2.

TABELA 2 – Propriedades mecânicas das vigas ensaiadas à flexão a quatro pontos.

Tratamentos		MOE	Tensão Normal	Cisalhamento
		(MPa)	(MPa)	(MPa)
(LT)	Média	19.935 a	Compressão - 44,30 ab	1,39a
	Coef. de Variação	5,71%	10,20%	10,53%
(VT)	Média	22.338 a	Compressão - 40,48 a	1,36a
	Coef. de Variação	14,51%	7,07%	7,33%
(ST)	Média	17.879 a	Tração - 49,18 b	1,59a
	Coef. de Variação	27,77%	9,53%	11,74%

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, dentro do tratamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

As vigas sem tratamento químico obtiveram maior resistência em relação às vigas tratadas. Este fato pode ter ocorrido devido a umidade na madeira tratada devido ao uso da água como meio de impregnação do CCA.

Deslocamentos Analítico e Experimental: os deslocamentos analíticos foram 33% maiores que os deslocamentos experimentais. Essa diferença pode estar relacionada ao método visual da medida do deslocamento com régua para o peso de 7,5 kg. Porém, não compromete a inferência sobre a rigidez das vigas, já que as flechas experimentais foram menores do que o

esperado analiticamente. O valor médio da diferença relativa entre os deslocamentos (analítico e experimental) encontrados por Fagundes & Szücs (1998), avaliando vigas MLC de pinus, foi de 9,32%, menor do que o determinado no presente trabalho.

Propriedades Mecânicas das Vigas: verifica-se uma diferença entre os valores encontrados neste trabalho, em relação à literatura. Isto pode estar relacionada principalmente com a procedência e idade das árvores. O MOE para vigas de paricá sem tratamento preservante, avaliados por Cavalheiro et al. (2016), utilizando a mesma cola deste trabalho e para vigas tratadas quimicamente com CCA, foi de 9.150 e 8.764 MPa, respectivamente, muito aquém do encontrado neste trabalho, conforme TABELA 2.

A pesquisa desenvolvida por Terezo & Szücs (2010), com MLC de paricá sem tratamento químico, encontraram um valor de MOE médio de 19.343 MPa. Já na ruptura das vigas, determinaram para a tensão axial e de cisalhamento valores de 40,40 e 1,59 MPa, respectivamente, estes próximos aos valores das vigas tratadas quimicamente determinados neste trabalho. Porém, a resistência à tensão axial das vigas ST foram significativamente superior aos das vigas VT.

CONCLUSÕES: Conclui-se que a metodologia simplificada de classificação não destrutiva das lamelas para a composição de vigas MLC pode ser aplicada quando não se dispõe de equipamentos mais sofisticados.

Não houve diferença quanto ao tipo de tratamento químico aplicado para o módulo de elasticidade na flexão estática, tensão de cisalhamento e resistência da linha de colagem. Porém, as vigas sem tratamento apresentaram resistência à tensão axial de flexão significativamente maior que as vigas tratadas quimicamente.

A escolha da melhor forma para a realização do tratamento decorre através do tamanho da peça estrutural, que por ser muito grande impossibilita a entrada da mesma na autoclave, devendo então, ser realizado o tratamento químico das lamelas antes da colagem. Caso a peça tenha dimensões menores que proporcione o tratamento químico da viga, sugere-se uma análise de custo/benefício para uma melhor escolha econômica.

AGRADECIMENTOS: Ao CNPq, edital universal, pelo aporte financeiro da pesquisa.

REFERÊNCIAS:

CAVALHEIRO RS, ALMEIDA DH, DE ALMEIDA TH, DE ARAUJO VA, CHRISTOFORO AL, LAHR FAR (2016) Mechanical Properties of Paricá Wood Using Structural Members and Clear Specimens. *Internacional Journal of Materials engineering* 6(2):56-59. DOI: <http://10.5923/j.ijme.20160602.06>.

FAGUNDES GSR, SZÜCS CA (1998) Composição racional de vigas de madeira laminada colada. In: VI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Florianópolis, Instituto Brasileiro em Madeira e em Estruturas em Madeira, Proceedings...

FURTADO FRC, TEREZO RF (2014) Proposta de certificação de produtos em madeira laminada colada. *Revista do Instituto Florestal de São Paulo* 26(1):117-125.

MELZEROVÁ L, JANDA T, ŠEJNOHA M, ŠEJNOHA J (2015) FEM Models of Glued Laminated Timber Beams Enhanced by Bayesian Updating of Elastic Moduli. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering* 9(5):692-698.

NOGUEIRA D (2017) A versatilidade da madeira laminada colada. *Belo horizonte, Revista Construindo*, v. 8, p1-14.

TEREZO RF, SZÜCS CA (2010) Análise de desempenho de vigas em madeira laminada colada de parica (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke), *Scientia Forestalis* 38(87):471-480.