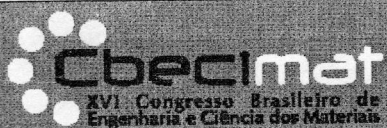


SET

23

03

05

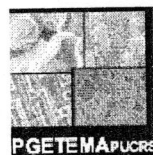
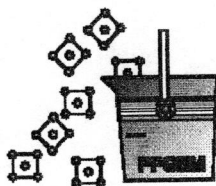


28 de novembro a
02 de dezembro

2004

Porto Alegre - Rio Grande do Sul

Realização



**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE EMENDAS DENTADAS EM
PEÇAS DE MADEIRA DE DIMENSÕES ESTRUTURAIS FABRICADAS COM
DIFERENTES ADESIVOS**

F518a

Juliano Fiorelli

Professor Assistente – UNESP – Unidade Diferenciada de Dracena
Doutorando – Interunidades Ciência e Engenharia de Materiais - LaMEM/EESC/USP
Rua Bahia, 332. Bairro Metrôpole. Dracena-SP. CEP: 17900-000
e-mail: fiorelli@dracena.unesp.br

Antonio Alves Dias

Prof. Dr. do Departamento de Engenharia de Estruturas - LaMEM/SET/EESC/USP

RESUMO

A eficiência das emendas longitudinais nas lâminas dos elementos estruturais de Madeira Laminada Colada (MLC) é um dos principais fatores que contribuem para o bom desempenho dos elementos estruturais. Portanto, este trabalho tem por objetivo avaliar a resistência à tração de emendas dentadas horizontais em peças de madeira de dimensões estruturais, fabricadas com adesivo fenol-resorcinol e melamínico e também determinar sua eficiência em relação à madeira maciça. Neste estudo foram avaliadas à tração paralela às fibras da madeira, 24 peças com emendas dentadas de madeira da espécie de Pinus Spp. Para avaliar a eficiência de tais emendas, também foram ensaiadas 12 peças de mesma seção transversal, porém sem emendas. Os resultados mostram a eficiência dos adesivos na colagem das emendas.

Palavras chave: madeira laminada colada, emenda dentada

INTRODUÇÃO

O aumento da exploração florestal, a diminuição da quantidade das espécies de madeiras nativas e seus efeitos na economia, associada ao fortalecimento dos conceitos de preservação ambiental criaram a necessidade do desenvolvimento de alternativas viáveis para a utilização racional da madeira proveniente de florestas plantadas.

Entre as madeiras de florestas plantadas, podem ser destacadas as do gênero *Pinus Spp* como sendo de uso mais promissor, considerando as suas boas características de crescimento. Entre várias aplicações, as madeiras do gênero *Pinus Spp* podem ser empregadas na fabricação de vigas de madeira laminada colada (MLC), tendo em vista as suas propriedades físicas e mecânicas.

O desenvolvimento deste produto à base de lâminas de madeira se deve à necessidade de diminuir os defeitos das peças estruturais, os quais são responsáveis pela redução significativa das suas características de resistência e elasticidade, se comparada com a madeira sem defeitos. Neste aspecto, uma providência importante é a classificação estrutural das peças, por método visual e/ou mecânico (Coiado & Dias, 2004). Após a classificação das peças, os defeitos podem ser eliminados e as peças unidas por meio de emendas.

O termo Madeira Laminada Colada (MLC), quando aplicada a elementos estruturais, refere-se ao material obtido a partir da colagem de topo e de face de pequenas peças de madeira, na forma

1429630

280305

SYSNO	1429630
PROD	002971
ACERVO EESC	

10p.

reta ou curva, com as fibras de todas as lâminas paralelas ao eixo da peça. As lâminas, de comprimento suficientemente grande, são obtidas através da emenda longitudinal de tábuas e podem ser coladas face a face e borda a borda para a obtenção da altura e largura desejada, podendo ainda ser arqueadas para obter uma forma curva durante a colagem. Todos estes fatores oferecem uma grande variedade de escolhas no projeto, sujeitos somente a restrições econômicas envolvidas na produção e/ou uso. A figura 1 apresenta um esquema geral de uma peça de MLC com o objetivo de visualizar os elementos que a constituem.

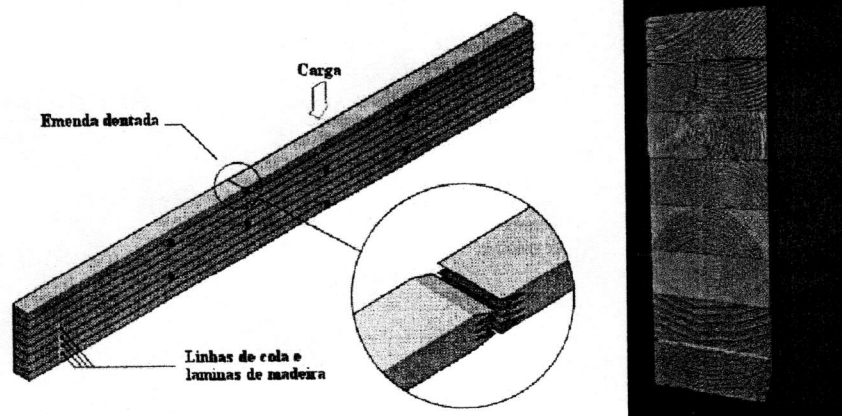


Figura 1 - Esquema geral e seção transversal de uma peça de MLC

Segundo Stamato (1997), um dos fatores que levou ao desenvolvimento de produtos a base de lâminas de madeira foi a diminuição da resistência de uma peça de madeira maciça pelo enfraquecimento da seção devido à ocorrência de defeitos, tais como nó e medula, que reduzem significativamente as características de resistência e elasticidade da peça se comparada com a madeira isenta de defeitos.

Os elementos em MLC de dimensões consideráveis necessitam de lâminas de comprimento suficientemente grande, o que pode ser conseguido por meio da união longitudinal de peças de madeira de dimensões menores que a dimensão final do elemento.

Para obter lâminas com comprimentos suficientemente grandes, podem ser feitas emendas de tábuas (emendas longitudinais e laterais). As emendas longitudinais nas lâminas de madeira surgem quando se deseja obter elementos de MLC com comprimentos superiores ao da madeira serrada, ou durante a retirada de defeitos das lâminas. As emendas nas lâminas podem ser de topo, biseladas ou dentadas, figura 2.

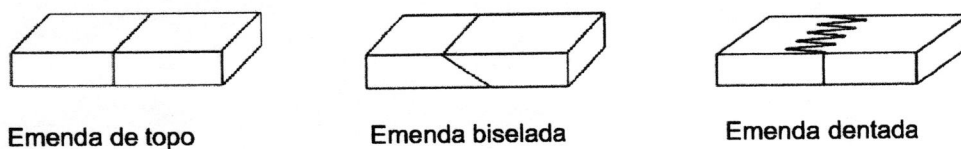


Figura 2 - Tipos de emendas utilizadas em MLC. Fonte: Macedo (2000).

As emendas de topo são de fácil execução, porém são as menos eficientes, e não devem ser empregadas no processo de fabricação de elementos estruturais em MLC. As emendas biseladas foram desenvolvidas para suprir as limitações de resistência das emendas de topo. Contudo, do ponto de vista de fabricação, este tipo de emenda é muito dispendioso, uma vez que para atingir uma boa proporção de resistência da madeira maciça é necessário que o corte do bisel apresente uma baixa inclinação, da ordem de 1:10. As emendas dentadas foram desenvolvidas com o objetivo de substituir as emendas biseladas. Atualmente, recomenda-se a utilização desse tipo de emenda por parte dos produtores de MLC, devido ao fato da mesma reunir condições de boa resistência e de praticidade de produção.

Quanto à geometria das emendas dentadas, essa deve ser compatível com o esforço solicitante e definida em função do seu comprimento, inclinação de seus flancos e espessura de sua extremidade.

Segundo Freas & Selbo (1954), para se atingir a mais alta resistência da emenda dentada, a ponta (b) dos dentes deve ser tão fina quanto possível, isto é, dentro dos limites práticos dos cortadores. A relação comprimento/largura (l/t) deve ser consideravelmente grande de maneira a garantir uma adequada área de cola da emenda, desenvolvendo assim a resistência necessária ao cisalhamento.

Para Macedo (1996) o comprimento de 20 mm, correspondente à especificação da DIN 68140 (1971), foi amplamente utilizado na fabricação de MLC.

De acordo com Hernandez (1998), a emenda dentada é mais eficiente, sendo utilizados os perfis vertical e horizontal (figura 3).



Figura 3 – Tipos de emendas dentadas

A figura 4 e a tabela 1 apresentam a geometria destes perfis.

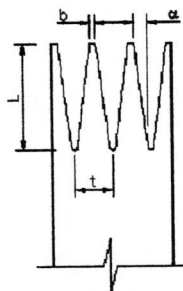


Figura 4 - Parâmetros geométricos da emenda dentada

Tabela 1 - Características geométricas dos perfis estruturais usados nas emendas dentadas

Parâmetro	Perfil vertical	Perfil horizontal
L - comprimento (mm)	28	26
t - largura do dente (mm)	6,98	6,73
b- largura da ponta do dente (mm)	0,81	0,76
α - inclinação	1:10,6	1:10,9

CHEUNG et al (2002) testaram 28 peças em ensaios de tração paralela às fibras, com emendas dentadas de madeira da espécie de *Pinus taeda*, sendo 14 peças com perfis verticais e 14 com perfis horizontais. Foi utilizado adesivo Resorcinol-Formaldeído (CASCOPHEN RS-216-M), em ambas as emendas. Para avaliar a eficiência de tais emendas, também foram testadas 14 peças de mesma seção transversal, porém sem emendas. Os resultados mostram que as emendas dentadas verticais e horizontais são iguais, considerando um nível de significância de 5%. Observou-se também que tais emendas apresentaram uma eficiência aproximada de 80% quando comparadas com a resistência da madeira sem emenda.

As emendas dentadas deverão ser coladas sob pressão, em função do comprimento do dente e da densidade da madeira. No entanto, deverá ser observado que a pressão empregada não exceda o limite que provoque fissura de extensão superior a 5mm no fundo dos dentes. A figura 5 apresenta um gráfico que relaciona comprimento dos dentes com a respectiva pressão de colagem. O tempo mínimo de prensagem recomendado é de 2 segundos.

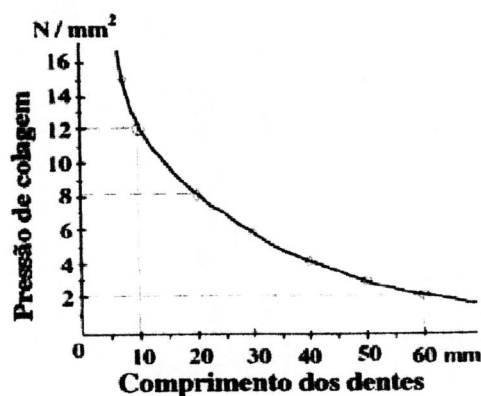


Figura 5 – Pressão de colagem em função do comprimento da emenda (DIN 68 140)

Além da definição dos parâmetros geométricos e construtivos que devem ser levados em consideração durante a etapa de produção das emendas é necessário utilizar adesivos eficientes que garantam a perfeita união entre as partes.

Dentro deste contexto, este trabalho tem por finalidade avaliar a eficiência da colagem de adesivos comerciais à base de phenol-resorcinol e também adesivo melamínico, por meio de ensaios de tração paralela às fibras da madeira em peças com dimensões estruturais com objetivo de fornecer dados técnicos que comprovem a eficiência dos produtos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram avaliados 12 corpos-de-prova (CP) de madeira sem emendas, para controle, com dimensão nominal de (3,5 x 12 x 200 cm), 12 CP de madeira com emendas dentadas de perfil horizontal confeccionadas com adesivo Phenol-resorcinol (Cascophen), com dimensão nominal de (3,5 x 12 x 200 cm), 6 CP com emendas de perfil horizontal coladas com adesivo Melamina com dimensão nominal de (2,7 x 12 x 200 cm) e 6 CP com emendas de perfil horizontal coladas com adesivo Phenol-resorcinol (Axo-Nobel), com dimensão nominal (2,7 x 12 x 200 cm). Foi utilizada madeira da espécie *Pinus Caribea* Var. *Hondurensis*, sendo todas as peças pertencentes a um mesmo lote.

As peças sem emendas e as peças com emendas dentadas, submetidas aos ensaios de tração, foram classificadas visualmente em classes de resistência, quanto à densidade de anéis e presença de defeitos, segundo o método apresentado por Carreira (2003). De acordo com esta classificação, as peças de melhor qualidade, em termos de defeitos, são denominadas SS, seguindo-se a N1, N2 e N3. Além disso, o método também considera a densidade de anéis de crescimento, classificando as peças em densas (D) e não-densas (ND).

As emendas dentadas avaliadas foram confeccionadas com geometria horizontal, segundo as dimensões recomendadas por Hernandez (1998) Para a colagem das emendas foi utilizado uma pressão de 8 MPa. A figura 6 apresenta o dispositivo de aplicação de pressão. Para a realização dos ensaios foi utilizada uma máquina de ensaio de tração horizontal, Metriguard modelo 422, com capacidade nominal de 880 kN (figura 7).



Figura 6 – Dispositivo para aplicação de pressão em emendas

O método para a determinação da resistência à tração de peças estruturais maciças e com emendas dentadas seguiu as recomendações da norma ASTM D 198/97 - Methods of Static Tests of Timbers in Structural Sizes, da American Society for Testing and Materials. Os ensaios foram realizados com uma velocidade de deslocamento igual a 0,006 mm/min.

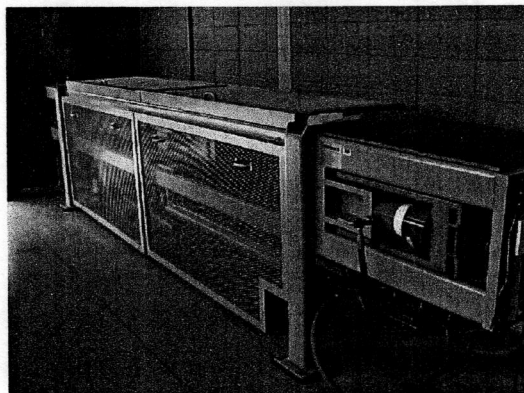


Figura 7 – Equipamento para ensaio de tração em corpos-de-prova de dimensão estrutural

RESULTADOS

As tabelas 2, 3, 4 e 5 apresentam os resultados obtidos na classificação visual e nos ensaios de tração (resistência e forma de ruptura), para peças sem emendas e para peças com emendas dentadas, respectivamente.

Tabela 2 – Lâminas sem emendas

Peça	Classificação visual	Área (cm ²)	f ₁₀ (MPa)	Tipo de ruptura
1	N1-ND	41,65	35	Nó
2	SS-ND	41,65	27	Nó
3	SS-ND	42	11	Nó
4	N2-ND	42	50	Nó
5	SS-ND	42	36	Inclinação fibra
6	N1-ND	42	12	Nó
7	N3-ND	42	6	Nó
8	N3-ND	42	16	Nó
9	N2-ND	42	20	Nó
10	N1-ND	42	24	Nó
11	N3-D	42	23	Nó
12	N3-ND	42	22	Nó

Tabela 3 – Lâminas de madeira com emendas dentadas (Phenol –Resorcinol - Cascophen)

Peça	Classificação visual	Área (cm²)	f₁₀ (MPa)	Tipo de ruptura
13	N3-ND	42	11	Nó
14	N3-ND	42	16	Emenda
15	N1-ND	42	15	Nó
16	N2-D	42	19	Madeira
17	SS-ND	42	11	Madeira
18	N3-ND	42	14	Nó
19	N3-ND	42	15	Nó
20	N1-ND	42	22	Emenda+Nó
21	N2-ND	42	18	Nó
22	SS-D	42	30	Emenda
23	N3-ND	42	16	Nó
24	N1-D	42	18	Nó

Tabela 4 – Lâminas de madeira com emendas dentadas (Phenol –Resorcinol – Axo Nobel)

Peça	Classificação visual	Área (cm²)	f₁₀ (MPa)	Tipo de ruptura
25	N3-ND	32,4	12	Medula
26	SS-D	32,4	27	Emenda
27	SS-D	32,4	24	Emenda
28	N3-ND	32,4	20	Nó
29	SS-D	32,4	23	Emenda
30	N3-ND	32,4	19	Nó

Tabela 5 – Lâminas de madeira com emendas dentadas (Melamina – Axo Nobel)

Peça	Classificação visual	Área (cm²)	f₁₀ (MPa)	Tipo de ruptura
25	SS-D	32,4	23	Emenda
26	N3-ND	32,4	3	Medula
27	N3-ND	32,4	6	Medula
28	N2-D	32,4	44	Nó
29	SS-ND	32,4	16	Madeira
30	N3-ND	32,4	10	Madeira

DISCUSSÃO

A figura 8 apresenta a tensão de ruptura para peças sem emenda e com emenda dentada em função da classificação visual.

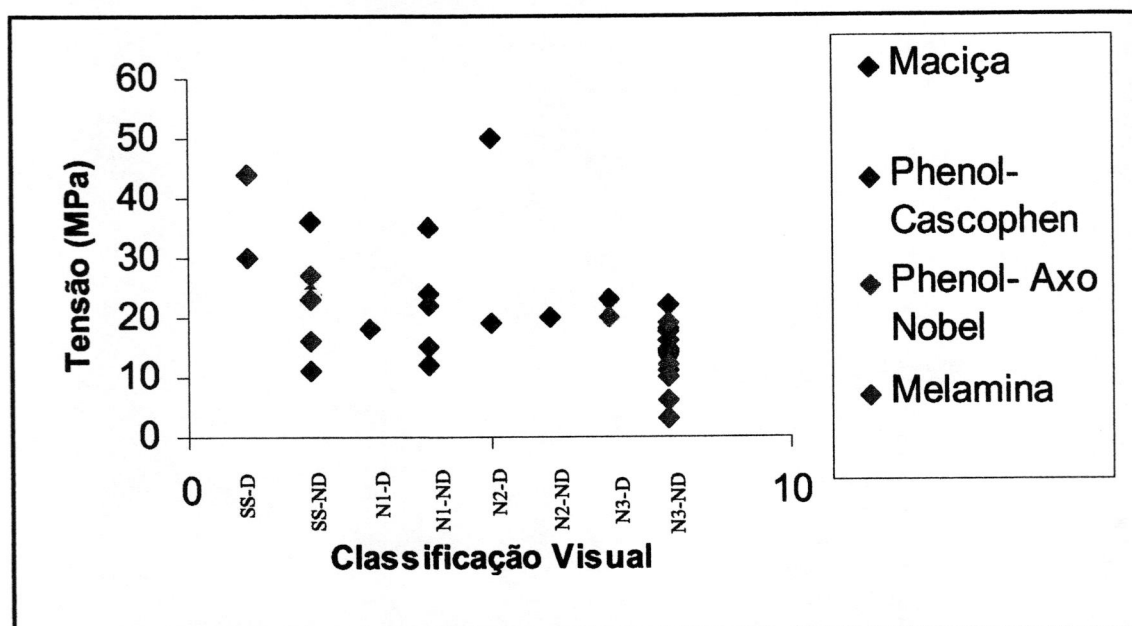


Figura 8 – Relação entre tensão de ruptura e classificação visual

Observando a figura 8 é possível afirmar que as peças com emendas, na maioria dos casos, apresentaram tensão de ruptura abaixo daquela apresentada pelas peças maciças.

Com relação aos adesivos observa-se que a tensão de ruptura ficou na mesma faixa para os três adesivos avaliados.

Observando os resultados apresentados é possível afirmar que as peças de madeira que apresentavam defeitos acentuados, agrupadas nas classes visuais N2 e N3, a ruptura ocorreu nos defeitos. Para as classificadas visualmente como SS a ruptura ocorreu na maioria dos casos nas emendas.

Com relação ao tipo de ruptura das peças maciças, nota-se que todas as rupturas ocorreram nos defeitos. Nota-se que para as peças com emendas, a maior parte da ruptura também ocorreu nos defeitos (figura 9).

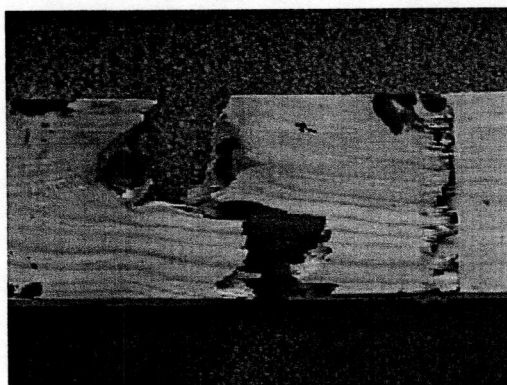


Figura 9 – Peça com emenda – ruptura no defeito

CONCLUSÃO

Com relação aos resultados apresentados é possível concluir que os adesivos avaliados são eficientes para a fabricação de emendas dentadas. Nota-se que para a maioria das peças com emendas, a ruptura ocorreu nos defeitos.

Recomenda-se a execução de emendas em substituição aos defeitos.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo apoio financeiro à pesquisa e a empresa AXO-NOBEL pela doação de material.

REFERÊNCIAS

1. AMERICAN SOCIETY for TESTING and MATERIALS. (1997). **ASTM D198-Standard Test Methods of Static Tests of Lumber in Structural Sizes**. Philadelphia, PA.
2. CHEUNG, A. B.; CALIL Jr. C. ; CARREIRA, M. R. ; MARTINEZ, M. (2002) Avaliação da resistência à tração de emendas dentadas em peças de madeira de dimensões estruturais. **Revista Ciência y Tecnología**, Chile.
3. CARREIRA, M. R. (2003) **Critérios para classificação visual de peças estruturais de Pinus Spp**. São Carlos. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
4. COIADO, B.; DIAS, A. A.(2004) **Avaliação da resistência à tração paralela às fibras de peças de madeira de Pinus Sp com dimensões estruturais e classificadas visualmente**. Relatório de Iniciação científica – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
5. DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (1971). **DIN 68 140-Wood Finger-Jointing**. Berlin, Alemanha.
6. FREAS, A.D.; M.L. SELBO. (1954). Fabrication and Design of Glued laminated Wood Members. **USDA Forest Products Laboratory. Technical Bulletin. Nº 1069**.
7. HERNANDEZ, R. (1998). **Analisis of Strain in Finger-Jointed Lumber**. In: 5th World Conference on Timber Engineering, Montreux, Switzerland.
8. MACEDO, A. N. (1996). **Estudo de emendas dentadas em madeira laminada colada (MLC): avaliação de método de ensaio**. São Carlos. Dissertação de mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE EMENDAS DENTADAS EM PEÇAS DE MADEIRA DE DIMENSÕES ESTRUTURAIS FABRICADAS COM DIFERENTES ADESIVOS

ABSTRACT

The efficient of the finger-joints in Glulam Beams is a factor that helps to a good development of the structural elements. However, this work has a objective to estimate the tensile strength of finger joint in structural pices of wood. These finger-joints were made with phenol-resosrcinol and melaminico glulam. In this work was evalueted the strength tensile of Pinus Spp. The results indicat the efficiency of these glulam.

Key-words: glulam beam and finger-joint