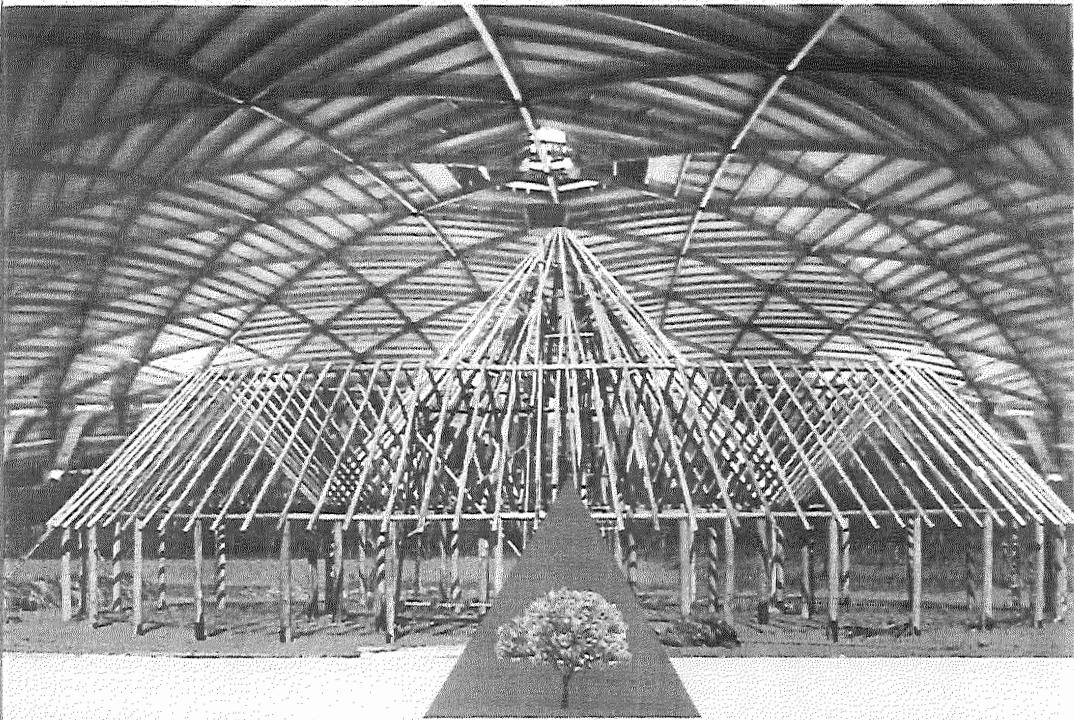


2  
0

# VIII EBRAMEM

ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS  
E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA

2



24 a 26 de julho de 2002  
Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

Realização  
FECIV-UFLA EBRAMEM



**VIII ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA  
UBERLÂNDIA - JULHO DE 2002**

**“LAMINATED VENEER LUMBER – LVL’S” DE EUCALIPTO - PRODUÇÃO  
EM ESCALA PILOTO E ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DE RESISTÊNCIA**

**Eng. Florestal (Doutorando) Alexandre Monteiro de Carvalho (almcarva@sc.usp.br)**  
Universidade de São Paulo, USP/São Carlos – LaMEM - Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira  
**Prof. Dr. Francisco Antonio Rocco Lahr (frocco@sc.usp.br)**  
Universidade de São Paulo, USP/São Carlos – LaMEM - Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira  
**Prof. Dr. Geraldo Bortoletto Jr. (gbortoll@carpa.ciagi.usp.br)**  
Universidade de São Paulo, USP/Piracicaba – ESALQ, Depto. de Ciências Florestais

**RESUMO:** O Brasil vem se destacando há alguns anos na produção de madeira de eucalipto destinada à indústria de celulose e papel. Pesquisas recentes vem buscando novos usos para o eucalipto disponível no campo, como forma de agregar valor à madeira, e desenvolver materiais para outros segmentos, como a construção civil e a indústria moveleira. O Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira da Escola de Engenharia de São Carlos/USP, em conjunto com o Laboratório de Laminação de Madeiras do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, vem trabalhando com painéis de lâminas paralelas, conhecidos no mercado internacional como “LVL’s”, ou “laminated veneer lumber’s”, produzidos a partir do eucalipto disponível no estado de São Paulo. O trabalho tem como objetivo descrever a metodologia de produção em laboratório e caracterizar através de ensaios físico -mecânicos, painéis “LVL” obtidos de 10 árvores do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Destes painéis, foram obtidos corpos de prova tendo como referência a norma de projetos de estruturas de madeira maciça – NBR-7190, já que o “LVL” possui finalidade predominantemente estrutural. O estudo teve como base trabalhos de países que utilizam o “LVL” em larga escala como Canadá, Austrália e Estados Unidos.

**Palavras-chave:** eucalipto, “LVL”, painéis

**“LAMINATED VENEER LUMBER – LVL’S” OF EUCALYPTUS - LABORATORY  
PRODUCTION AND ANALYSIS OF RESISTANCE CHARACTERISTICS**

**ABSTRACT:** Brazil has prominence position in the eucalyptus wood production destined to the cellulose and paper industry. Recent researches are looking for new uses for this available eucalyptus, to join value to the wood and to develop materials for other segments, as the civil engineering and the furniture industry. The Wood and Wood Structures Laboratory, of São Carlos Engineering School/USP, and the Wood Lamination Laboratory of Forest Sciences Department of ESALQ/USP, are working with parallel sheets panels, known at the international market as “LVL’s” or “laminated veneer lumber’s” produced from the available eucalyptus in the state of São Paulo. The objective of this work was describes the laboratory production methodology and to characterize through physical -mechanics tests, LVL panels obtained of 10 trees of the hybrid *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. The study had as parameter works of countries like Canada, Australia and United States.

**Keywords:** eucalyptus, LVL, panels



## 1. INTRODUÇÃO

Os materiais derivados de madeira têm sido foco de inúmeras pesquisas e desenvolvimentos ao redor do mundo. Embora ainda bastante utilizada, principalmente nos chamados países desenvolvidos, a madeira serrada maciça têm encontrado concorrência de novos materiais que vem sendo classificados no mercado internacional como “engineered wood products”, ou “produtos engenheirados de madeira”.

Fazem parte deste conjunto produtos como, os painéis de lâminas ou de partículas, as chapas de fibra e a madeira laminada colada. Embora tenham sido desenvolvidos com características específicas, em algumas situações estes produtos apresentam utilizações semelhantes, fazendo com que a escolha entre um ou outro, e também a comparação com o uso da madeira maciça seja um processo detalhado, envolvendo uma série de fatores oriundos da relação custo/benefício.

Dentre os produtos engenheirados de madeira, em estudo desenvolvido por LUXFORD (1944), citado por SCHAFFER et al. (1972), surgiu a idéia de se colar lâminas de madeira no mesmo sentido, ou seja, com a orientação das fibras paralelas umas às outras, para produção de elementos estruturais de aviões. Neste estudo, o autor utilizou lâminas de 3,6mm, coladas a frio, e deu origem ao material que hoje é conhecido como “laminated veneer lumber”, que na tradução inicial para o português vem sendo chamado de “painel de lâminas paralelas”.

O “laminated veneer lumber” ou “LVL”, como será chamado ao longo deste trabalho, não possui até os dias de hoje nenhum produtor nacional e vem sendo foco de pesquisas acadêmicas em laboratórios da Universidade Federal do Paraná e na Universidade de São Paulo - Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira da Escola de Engenharia de São Carlos e Laboratório de Laminação e Secagem de Madeira da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Os LVL's constituem um material de propriedades uniformes, onde os problemas e defeitos presentes na madeira maciça são minimizados. Neste trabalho, o objetivo foi demonstrar a metodologia utilizada para fabricação dos painéis em laboratório, e discutir os resultados parciais de um programa de desenvolvimento de avaliação de LVL's pela norma brasileira de estruturas de madeira NBR 7190.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Material

Foram utilizadas no estudo um total de 10 toras amostradas aleatoriamente em um plantio comercial do híbrido entre o *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, implantado por clonagem, com espaçamento de 3,5m x 1,7m, na região de Mogi-Guaçu/SP. Na época da amostragem e coleta de material o plantio estava com 7 anos de idade.

### 2.2. Métodos

#### 2.2.1. Coleta das toras

As 10 toras que serviram de matéria-prima para a confecção dos painéis foram coletadas a partir de 10 diferentes árvores do plantio. De cada árvore foi retirada a primeira tora a partir

da base, aproveitando o maior diâmetro desta porção do fuste. As árvores apresentavam diâmetro de aproximadamente 35cm à altura de 1,30m (DAP).

Logo após o abate, com o auxílio de uma trena, foram feitas secções que resultaram em toras de 2m de comprimento. Os dois topos de cada tora foram cobertos com um impermeabilizante, visando reduzir a perda drástica de umidade e consequentes problemas de rachamentos e no processamento.

A seguir, foi realizado o anelamento, que consistiu em um corte por toda a circunferência, feito com motosserra, à profundidade de 1/3 do diâmetro em cada extremidade da tora e distante 30cm a partir de cada topo. O anelamento teve como objetivo reduzir o efeito das tensões de crescimento presentes na madeira e que geram rachaduras prejudiciais ao processamento das toras.

As toras permaneceram no campo por menos de 24 horas, evitando-se a perda da umidade. No dia seguinte ao abate foi agendado o transporte do material até o local dos ensaios. Já no laboratório, as toras foram estocadas em um tanque metálico, submersas em água, para que a umidade fosse mantida até o momento da laminação.

### 2.2.2. Laminação

A laminação foi feita em torno desenrolador, ajustado para produção de lâminas de 3mm de espessura. Para esta operação, as toras foram previamente aquecidas em um tanque de cozimento seguindo metodologia padrão do Laboratório de Laminação da ESALQ/USP.

O tempo, 11 horas, e a temperatura, 71°C, do aquecimento foram baseados na densidade básica da madeira e no diâmetro das toras. A densidade básica foi determinada pelo método descrito em SIF (1984).

Na Figura 1 é apresentado um detalhe do processo de laminação.



Figura 1 – Processo de laminação das toras em torno desenrolador.

Após a saída do torno, as lâminas foram seccionadas em guilhotina nas dimensões de 1,25m x 0,96m, e levadas para secagem ao ar livre em ambiente coberto. Para secagem, as lâminas foram dispostas horizontalmente com separadores entre elas que permitiam a livre circulação do ar. As lâminas atingiram um teor de umidade em torno de 12% em aproximadamente 20 dias após laminação.

### 2.2.3. Confecção dos painéis

Os painéis LVL diferem dos tradicionais compensados principalmente em relação a montagem. Nos LVL's, a orientação das lâminas é sempre a mesma, o número de lâminas pode chegar a mais de 20, a espessura destas varia de 2,5mm a 12,7mm, e as dimensões dos painéis podem chegar até 70mm de espessura e comprimentos até maiores do que 20m (MATOS, 1997; KUNESH, 1978; PEASE, 1994).

No laboratório foram produzidos 6 painéis, com 54mm de espessura cada um, formados por 18 lâminas, largura de 17cm e comprimento de 1,25m. Estas dimensões foram definidas em função da confecção de corpos de prova que atendessem a norma brasileira de estruturas de madeira NBR 7190, ABNT (1997).

A etapa de confecção dos painéis LVL envolveu ainda o preparo do adesivo à base de resina fenol-formol, aplicação, pré-prensagem a frio por 1 hora e prensagem a quente, 145 °C por 40 minutos a uma pressão de 13kgf/cm<sup>2</sup>.

A formulação do adesivo foi orientada pelo trabalho de MATOS (1997), que trabalhou com painéis LVL de pinus. Foram feitas algumas modificações na formulação utilizada por este autor em vista do uso do eucalipto. A quantidade de adesivo utilizada por área de lâmina (gramatura) foi de 360g/m<sup>2</sup>. Na Tabela 1 encontra-se a proporção de cada ingrediente utilizado.

Tabela 1 - Formulação dos ingredientes por partes em peso:

Material	Partes
Resina fenol-formol (nome comercial: Cascophen HL 2080)	100
Casca de coco em pó 9 (nome comercial: Albex nº 9)	5
Farinha de trigo	5
Água	10

### 2.2.4. Ensaios

Para a avaliação dos painéis LVL foram confeccionados corpos de prova e realizados ensaios de flexão estática. Com finalidade predominantemente estrutural e utilizações semelhantes à madeira maciça, neste trabalho os painéis foram avaliados segundo o ensaio de flexão estática, seguindo a mesma metodologia da norma aplicada à madeira.

Os corpos de prova de flexão, com dimensões de 115mm x 50mm x 50mm, foram avaliados em duas situações, A e B, conforme o esquema da Figura 2, para comparação.

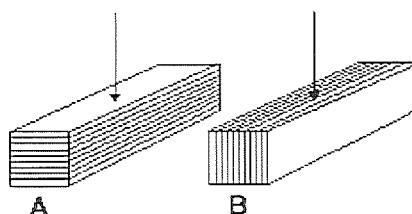


Figura 2 - Posicionamentos A e B dos corpos de prova nos ensaios de flexão estática.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se os resultados de densidade básica da madeira que nortearam as variáveis do processo de laminação das toras.

Tabela 2 - Densidade básica da madeira das 10 toras amostradas para confecção dos painéis:

nº da tora	densidade básica ( $g/cm^3$ - média de 4 repetições)
1	0,468
2	0,477
3	0,497
4	0,532
5	0,508
6	0,497
7	0,476
8	0,528
9	0,474
10	0,475
Média	0,493

A densidade básica média da madeira do *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, 0,493 $g/cm^3$ , se mostrou coerente a um híbrido entre as duas espécies parentais. O *Eucalyptus urophylla* possui tradicionalmente densidade superior ao *Eucalyptus grandis*, e um dos objetivos entre este cruzamento é um incremento na densidade do material genético final.

A seguir, na Tabela 3, são apresentados os valores dos módulos de ruptura (MOR), calculados segundo a ASTM D-198, e os módulos de elasticidade (MOE), calculados conforme a NBR 7190, obtidos em ensaios de flexão estática dos 6 painéis montados. As letras A e B indicam o posicionamento do corpo de prova ensaiado como mencionado anteriormente (Figura 2).

Tabela 3 - Módulos de ruptura (MOR) e módulos de elasticidade (MOE) determinados nos ensaios de flexão estática:

Amostra	MOR ( $kgf/cm^2$ )	MOR (MPa)	MOE ( $kgf/cm^2$ )	MOE (MPa)
LVL 1 A	559,94	54,93	142020,82	13932,21
LVL 2 A	571,31	56,05	131033,24	12854,34
LVL 3 A	613,76	60,21	146821,77	14403,19
LVL 4 A	608,47	59,69	140582,53	13791,12
LVL 5 A	649,93	63,76	150097,55	14724,54
LVL 6 A	596,13	58,48	132999,86	13047,26
Média	599,92	58,85	140592,63	13792,11
LVL 1 B	592,85	58,16	134210,73	13166,05
LVL 2 B	544,19	53,38	150071,93	14722,03
LVL 3 B	526,93	51,69	119015,51	11675,40
LVL 4 B	563,03	55,23	127015,04	12460,15
LVL 5 B	575,68	56,47	125618,03	12323,10
LVL 6 B	576,58	56,56	134079,74	13153,20
Média	563,21	55,25	131668,50	12916,65

Os valores de módulo de ruptura e de elasticidade para a posição de ensaio A foram ligeiramente superiores aos da posição B. Este fato indica a boa condição de colagem entre as lâminas, já que neste sentido de utilização do LVL, os planos representados pelas linhas de colagem são mais submetidos a esforços do que na condição B.

Na Tabela 4, os resultados encontrados são colocados lado a lado a trabalhos anteriores com painéis LVL encontrados na literatura.

Tabela 4 - Comparação das propriedades dos LVL's com trabalhos publicados, as últimas linhas da tabela referem-se ao presente trabalho:

FONTE	Espécie	Espessura das Lâminas (mm)	Módulo de Ruptura MOR (MPa) (Médias)	Módulo de Elasticidade MOE (MPa) (Médias)
JUNG (1982)	Douglas-fir	6,3	58,67	17053,11
KRETSCHMANN et al (1993)	Douglas-fir	2,5	51,21	11794,03
KRETSCHMANN et al (1993)	Pinus do Sul	3,2	57,98	11228,46
MATOS (1997)	<i>Pinus taeda</i>	3,2	40,07	7541,57
		4,2	38,41	7721,24
	<i>Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla</i>	3	57,05 (médias entre posições A e B)	13354,38

Os LVL's produzidos mostraram resultados próximos e coerentes com trabalhos publicados na literatura. As lâminas de 3mm utilizadas, se comparadas aos trabalhos de KRETSCHMANN et al (1993) com lâminas de Douglas fir e Pinus de 2,5mm e 3,2mm de espessura consecutivamente, indicaram resultados superiores, o que pode ser relacionado a maior densidade do eucalipto em relação a estas espécies.

Com relação ao trabalho de MATOS (1997), realizado no Brasil com *Pinus taeda*, os resultados dos LVL's de *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* também foram superiores.

Nenhum dos trabalhos citados fazem menção ao sentido ou posicionamento do corpo de prova no ensaio, o que prejudicou a análise das duas condições verificadas em relação a dados da literatura.

O trabalho de JUNG (1982) apresenta resultados superiores ao presente trabalho, porém o autor utilizou lâminas com espessura bastante superior, 6,3mm, na confecção dos painéis LVL's.

#### 4. CONCLUSÕES

Com os resultados encontrados e o acompanhamento da metodologia utilizada no trabalho, podemos concluir que:

- A sistemática de produção dos painéis LVL's em escala piloto se mostrou bastante eficiente, e resultou em um material de características de qualidade comparáveis a painéis produzidos dentro e fora do Brasil, em escala piloto e comercial;
- O eucalipto apresentou grande potencial na confecção de painéis LVL. No Brasil, em vista da grande disponibilidade de plantios comerciais por parte de outros segmentos industriais, o desenvolvimento deste tipo de material pode ser facilitado;
- Outras espécies de eucalipto, com densidades e características distintas da estudada, devem ser testadas. Estudos com painéis LVL devem ser incentivados frente ao crescente mercado internacional para este tipo de produto;
- As características de resistência encontradas foram bastante satisfatórias, se comparadas a dados da literatura;
- A aplicação da norma brasileira que regulamenta os ensaios de estruturas de madeira, NBR 7190, necessita de cuidados para a avaliação de painéis LVL. Em nenhum momento este tipo de material é citado, embora a norma já traga referências a outros derivados de madeira como a madeira laminada colada. Em uma futura revisão da norma, alguns ensaios específicos para painéis LVL poderiam ser incluídos, fazendo com que informações complementares facilitem a avaliação do material.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). NBR 7190 – Projeto de Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro.

ASTM (1994) American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia. Section 4 Construction, v.04.09 – Wood. Designation D – 198. Standard Methods of Static Tests of Lumber in Structural Sizes.

JUNG, J. (1982) Properties of parallel laminated veneer from stress-wave tested veneers. Forest Products Journal, Madison, v.32, n.7, p.30-35.

KRETSCHMANN, D.E. et al (1993). Effect of various proportions of juvenile wood on laminated veneer lumber. USDA. Forest Service. Research Paper, FPL-521, Madison, p.1-31.

KUNESH, R.H. (1978) Micro=Lam structural laminated veneer lumber. Forest Products Journal, Madison, v.28, n.7, p.41-44.

LUXFORD, R.F. (1944) Strength of glue-laminated Sitka spruce made up of rotary-cut veneers. USDA Forest Service, FPL Rep. 1512. Forest Prod. Lab. Madison.

MATOS, M.J.A.C. (1997) Estudos sobre a produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de *Pinus taeda* L. Curitiba. 117p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná.

PEASE, D.A. (1994) Panels: products, applications and production trends: A Special Report From: Wood Technology. Miller Freeman. 254p.

SCHAFFER, E.L. et al (1972). FPL Press-Lam process: Fast, efficient conversion of logs into structural products. Forest Products Journal, Madison, v.22, n.11, p.11-18.

SIF-Boletim Técnico nº 1 (1984) - item 3.1.1 Método de Imersão com determinação do volume através da variação de peso do líquido.