

COLAGEM DE EMENDAS BISELADAS EM MADEIRAS DE *Pinus* spp. E *Eucalyptus citriodora*

Alexandre Miguel do Nascimento¹
Ricardo Marius Della Lucia²
Benedito Rocha Vital³

RESUMO

Emendas em formato de bisel foram coladas e testadas na flexão com diferentes inclinações e pressões de colagem, nas madeiras de *Pinus* spp. e *Eucalyptus citriodora*. O efeito da pressão de colagem na resistência da emenda ou não foi verificado mas o efeito da inclinação sim, para ambas as espécies. Um valor de 80% de resistência relativa foi considerado aceitável, valor este alcançado em inclinações iguais e inferiores a 1:10 na madeira de pinus e somente 1:12 na madeira de eucalipto. Para a madeira de pinus foi verificado uma tendência de aumento da resistência da emenda, com o aumento da pressão de colagem.

Palavras-chaves: Emendas em bisel, *Pinus* spp., *Eucalyptus citriodora*

ABSTRACT

GLUING OF SCARF JOINT WITH WOODS OF *Pinus* spp. AND *Eucalyptus citriodora*

Scarf joints made of *Pinus* spp. and *Eucalyptus citriodora* woods, with different inclinations and built under different gluing pressures, had their strength tested under bending. The effect of gluing pressure in the strength of the joint was not verified, but the inclinations affected the strength of the joint of the two species. A relative strength of 80% was acceptable. In pine, even inclinations lower and equal than 1:10 gave satisfactory results. In *E. citriodora*, only the 1:12 inclination could be considered good. A tendency toward higher strength with increasing pressure was found for pine.

Key words: Scarf joints, *Pinus* spp., *Eucalyptus citriodora*

INTRODUÇÃO

Ultimamente, as madeiras de espécies de reflorestamento têm despertado grande interesse na área de construção civil e muitos trabalhos têm surgido com o objetivo de melhor estudar suas propriedades físicas e mecânicas (SALES e LAHR,

1992; NOGUEIRA e LAHR, 1992; BITTENCOURT e DOMICIANO, 1998). Entre estas espécies se destacam as madeiras de pinus e eucaliptos.

Outro aspecto que tem chamado atenção é que, nos últimos anos, têm surgido grande número de pesquisas e projetos arquitetônicos que envolvem madeira laminada colada. Um exemplo da aplicação

¹ DPF, IF, Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro

² DEF, Universidade Federal de Viçosa

³ DEF, Universidade Federal de Viçosa

desse conhecimento tecnológico e das pesquisas desenvolvidas está numa igreja construída na cidade de Cuiabá – MT, constituída por cinco pórticos triarticulados com altura entre 12 e 22,5 metros. (JESUS et al., 1998).

Estruturas feitas com madeira laminada colada possuem, entre outras vantagens, a de produzir elementos estruturais de grandes dimensões, além de permitir a utilização de madeira de espécies diferentes. Para se construir estruturas de grandes dimensões, é necessário a confecção das emendas longitudinais, transversais ou ambas. Essa técnica permite a construção de vigas com mais de 43 metros de vão livre (MOODY e HERNANDEZ, 1997).

As emendas longitudinais podem ser de topo, em bisel ou denteadas. As emendas denteadas são atualmente as mais utilizadas nas indústrias, devido a seu menor consumo de madeira na confecção. As emendas em bisel são tão eficazes quanto as emendas denteadas, com a vantagem da fácil confecção e de não necessitarem de equipamentos tão sofisticados e caros para sua elaboração.

A inclinação da emenda em bisel é o fator mais importante no que se refere a melhoria da resistência. Segundo o FOREST PRODUCTS LABORATORY

(1987), juntas bem coladas, emendadas em bisel, solicitadas à tração ou à flexão, têm atingido os seguintes índices de resistência relativa: inclinação 1:12, 90%; 1:10, 85%; 1:8, 80% e 1:5, 65%. De acordo com pesquisas feitas com emendas em bisel, para uso estrutural, as resistências relativas médias à flexão oscilaram entre 77 e 90% (Tabela 1). Essa variação depende de vários fatores, tais como o tipo de adesivo, a densidade da madeira, a temperatura de colagem, a qualidade da superfície, a inclinação da emenda, o tipo de madeira etc.

Segundo a norma alemã DIN 68-140, citada por GRAEFF (1995), as emendas denteadas estruturais devem ter pelo menos 82% de resistência relativa. Um exemplo disto está no trabalho desenvolvido por SZUCS (1992), que estudou a eficiência relativa da emenda num ensaio à tração. A eficiência relativa esperada para uma emenda com dente de 20 mm de comprimento é de 84%; o valor encontrado foi de 80%.

Na Tabela 1 estão listadas algumas pesquisas feitas com madeira laminada colada e emendas longitudinais em bisel. Os dados desta Tabela mostram os tipos de adesivos utilizados, as inclinações das emendas e a eficiência relativa para

Tabela 1. Alguns trabalhos com resultados da eficiência relativa de emendas biseladas.

Adesivo	h:L	Eficiência relativa %			FON
		E	f _t	f _b	
Resorcinol	1:6	68		82	CUR
Fenol formaldeído	1:12	98		77	FOR
Resorcinol	1:12		83		MAE
Caseína	1:12		73		MAE
Resorcinol	1:10	95		88	MAN
Resorcinol	1:10		83,7		MAN
Resorcinol	1:10		89,3		MAN

em que h:L é a inclinação da emenda, E é o módulo de elasticidade, f_t é a resistência à tração e f_b é a resistência à flexão;¹ madeira de *Pinus taeda*; ² madeira de *Eucalyptus citriodora*.

o módulo de elasticidade, resistência à flexão e à tração.

Na expectativa de construir vigas, compostas por madeira de pinus e eucalipto, com vão maior que quatro metros, foi necessário se conhecer o desempenho desse tipo de emenda para as madeiras estudadas.

Com isso, o presente trabalho teve como objetivo testar, à flexão, emendas feitas em bisel, com as madeiras de *Pinus spp.* e *Eucalyptus citriodora*, em diferentes níveis de pressão e inclinações das emendas, usando o adesivo resorcinol-formaldeído.

MATERIAL E MÉTODOS

Preparação das amostras

Foram preparadas um total 160 lâminas de madeira, sem defeitos, 80 delas de pinus e 80 de eucalipto. Destas, 120 foram utilizadas para

confeção de bisel e 40 foram utilizadas como testemunha (madeira sólida). Essas lâminas foram padronizadas em suas dimensões com 700 mm de comprimento, 19 mm de espessura e 70mm de largura. As amostras foram colocadas em sala aclimatizada numa temperatura de 23°C e 50% de umidade relativa, para uniformização da umidade. Após o equilíbrio da umidade da madeira com o meio, suas dimensões foram tomadas com paquímetro e pesadas em balança de precisão. Deste modo, pôde-se fazer uma distribuição das amostras pela densidade aparente em cada tratamento, objetivando minimizar o efeito dessa variável.

Os cortes em bisel foram feitos com serra circular com dentes de vídia, fixando a madeira a gabaritos que garantiam as inclinações estabelecidas, que foram: 1:12, 1:10, 1:8 e 1:6 (Figura 1). Os cortes foram feitos primeiramente nos dois extremos das lâminas que foram, em seguida, cortadas no meio do comprimento. Os dois pedaços de cada lâmina, assim gerados, foram então devidamente identificados e casados dois a dois, para posterior adesão.

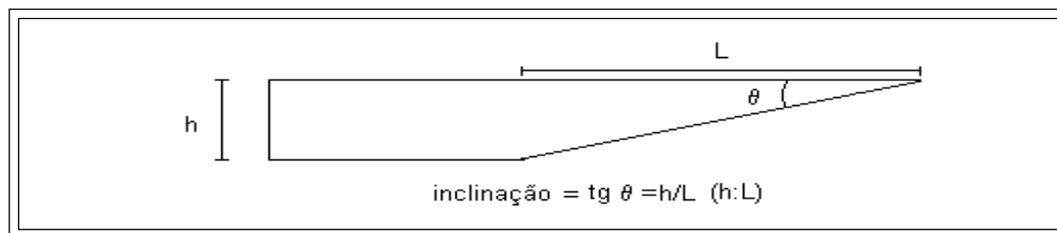


Figura 1. Detalhes de um bisel e sua nomenclatura (h é a espessura da lamina e L é o comprimento do corte).

Colagem

O adesivo utilizado foi o resorcinol, comercialmente conhecido como Cascophen RS 250. Na sua preparação, foram utilizados cinco partes de adesivo para uma parte de endurecedor, diluído em 5% com água. Os ingredientes foram misturados por cinco minutos com o auxílio de um misturador mecânico.

No processo de colagem, o adesivo foi aplicado, com pincel, nas duas faces dos biséis, numa taxa de 300 g/m². A quantidade do adesivo foi controlada pela diferença do peso das amostras, em balança,

antes e depois da aplicação.

No processo de prensagem das emendas, foi utilizada uma prensa de madeira com eixos de 12,7 mm (meia polegada), na qual foi acoplada uma célula de carga que permitiu a determinação da pressão aplicada (Figura 2). Os níveis de pressão utilizados foram 0,7, 1,1 e 1,5 MPa. As lâminas permaneceram sob pressão por um período de 16 horas.

Depois de terminado o processo de colagem, todas as amostras foram divididas ao meio na largura, gerando 320 amostras com as seguintes

dimensões: 450 mm de comprimento, 30 mm de largura e 17mm de espessura. Os corpos de prova assim gerados só foram ensaiados após oito dias da confecção.

As 80 amostras testemunhas, de pinus e eucalipto, foram ensaiadas num vão de carga com 6, 8, 10 e 12 vezes a espessura das lâminas.

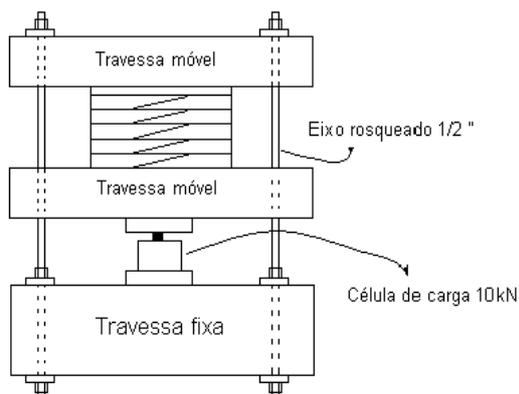


Figura 2 . Sistema de prensagem das emendas em bisel.

Teste e avaliação

Os corpos de prova foram ensaiados à flexão e a resistência foi o resultado de interesse. O ensaio foi feito a quatro pontos (dois pontos de reação e dois pontos de aplicação de carga), de modo que a emenda estivesse dentro de uma região de momento máximo e constante (Figura 3). A distância entre os apoios foi de 40 cm e a distância entre os pontos de aplicação de carga foram de 12, 14, 18 e 22 cm.

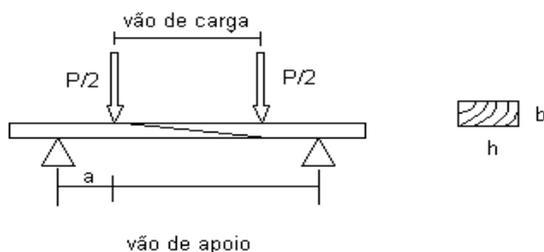


Figura 3. Esquema de ensaio à flexão das emendas em bisel nas madeiras de pinus e eucalipto

Para o cálculo da resistência foi utilizada a fórmula abaixo:

$$f_b = \frac{3P_{\max} a}{b^2 h}$$

em que f_b é o limite de resistência à flexão, h é a maior dimensão (horizontal), b é a menor dimensão (vertical) e a é a distância entre o apoio e o ponto de aplicação da carga. P_{\max} é a carga máxima em N.

O número de repetições para madeira de pinus foi de 10 amostras para cada um dos 12 tratamentos. No caso do eucalipto foi utilizado nove repetições. Isto gerou 228 amostras emendadas à serem ensaiadas (120 para pinus e 108 para eucaliptos) e 80 sem emendas (testemunhas).

A análise estatística foi feita por análise de variância testando-se o efeito da pressão e inclinação da emenda sobre a resistência das madeiras de pinus e eucalipto, sendo a variável densidade utilizada como covariável. A comparação entre as médias, quando pertinente, foi feita pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos testes de resistência à flexão das emendas em bisel da madeira de pinus e eucalipto, em função da pressão de colagem e da inclinação da emenda, estão na Tabela 2. Na mesma Tabela estão os valores da densidade aparente para uma massa e volume a 12% de teor de umidade.

Para minimizar as diferenças de densidade entre os tratamentos, teve-se o cuidado de descartar, durante a operação de adesão, aquelas amostras cujas densidades estivessem muito distantes do valor médio. Assim, na madeira de pinus, os valores de densidade oscilaram apenas entre 0,55 g/cm³ e 0,59 g/cm³ e, na madeira de eucalipto, entre 0,99 e 1,05 g/cm³.

As análises de variância feitas estão nas Tabelas 3 e 4, respectivamente para as madeiras de pinus e eucalipto.

Observa-se, na Tabela 3 que, na madeira de

pinus, tanto a inclinação do bisel quanto a interação entre a inclinação da emenda e a pressão aplicada tiveram efeito significativo na resistência da junta, pelo teste F, a um nível de 5% de probabilidade. A interação foi desdobrada, para isolamento dos efeitos mais importantes, pelo teste de Tukey. Na Tabela 4, da madeira de eucalipto, observa-se que apenas a inclinação da emenda foi significativa, ao nível de 5% de probabilidade. Nas emendas feitas com madeira de eucalipto, 17 amostras, das 108, foram descartadas do experimento, devido a problemas visíveis de má qualidade das juntas coladas.

Na Tabela 5, um sumário da Tabela 2 e que traz a análise do desdobramento de efeito significativo da interação, observa-se que as resistências das emendas coladas oscilaram entre 48,8 e 87,3 MPa, na madeira de pinus e 93,7 e 171,3 MPa, na de eucalipto. Na madeira de pinus, observa-se que a pressão,

sozinha, não teve efeito significativo. Essa ausência de efeito, entretanto, só ocorre de maneira mais nítida nas inclinações iguais ou superiores a 1:8. As inclinações 1:8, 1:10 e 1:12 produziram emendas mais resistentes, qualquer que fosse a pressão aplicada. Entretanto, ocorre mais variabilidade nas juntas produzidas sob pressão de 1,5 MPa. Assim, essas três inclinações podem ser utilizadas, quando se aplicam as duas pressões mais baixas. Um ótimo de resistência pode ser obtido com a inclinação de 1:12; um ótimo de economia de madeira, com a junta de 1:10, nas pressões de 0,7 e 1,1 MPa.

Na madeira de eucalipto, como não se observou efeito significativo da pressão e nem tampouco da interação, os valores de resistência foram agrupados. A inclinação de 1:12 foi melhor, estatisticamente, que as demais e deve ser a empregada para otimizar o comportamento das emendas.

Tabela 2 . Valores médios da resistência à flexão e densidade dos corpos-de-prova das emendas em bisel para madeira de pinus e eucalipto.

		M A D E I R A D E P I N U S			
		R e s i s t ê n c i a à f l e x ã o – M p a			
		I n c l i n a ç ã o d o b i s e l			
Pressão	1:6	1:8	1:10		
	0,7	48,8	71,3	74,0	
	1,1	75,3	64,3	76,7	
	1,5	66,8	69,9	81,9	
	T	87,3	89,1	88,2	
M é d i a *	63,6	68,5	68,5	77,5	
		D e n s i d a d e – g / c m ³			
		I n c l i n a ç ã o d o b i s e l			
Pressão	1:6	1:8	1:10		
	0,7	0,58	0,55	0,55	
	1,1	0,58	0,57	0,56	
	1,5	0,59	0,58	0,57	
	T	0,58	0,57	0,57	
M é d i a	0,58	0,57	0,57	0,56	
		M A D E I R A D E E U C A L I P T O			
		R e s i s t ê n c i a à f l e x ã o – M p a			
		I n c l i n a ç ã o d o b i s e l			
Pressão	1:6	1:8	1:10		
	0,7	101,8	102,8	133,1	
	1,1	111,7	111,0	114,5	
	1,5	93,7	116,0	109,8	
	T	174,2	164,7	177,1	
M é d i a *	102,4	109,9	109,9	119,1	
		D e n s i d a d e – g / c m ³			
		I n c l i n a ç ã o d o b i s e l			
Pressão	1:6	1:8	1:10		
	0,7	1,03	0,99	1,05	
	1,1	1,03	1,01	1,04	
	1,5	0,99	0,99	1,00	
	T	1,03	0,99	0,99	
M é d i a	1,02	1,00	1,00	1,02	

*Valores médios das pressões de colagem; T é a testemunha (madeira “sólida”, sem emendas).

Tabela 3. Análise de variância dos fatores estudados nas emendas em bisel, para madeira de pinus, para a variável resistência (MPa).

FV	GL	SQ	QM
Pressão	2	8,90	4,45
Inclinação	3	68,13	22,71
Interação	6	36,78	6,13
Resíduo	107	156,65	1,464

* Existe diferença estatística entre as médias, ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 4. Análise de variância dos fatores estudados nas emendas em bisel, para madeira de eucalipto para a variável resistência.

FV	GL	SQ	QM
Pressão	2	1,65	0,824
Inclinação	3	558,75	186,25
Interação	6	28,15	4,692
Resíduo	79	451,49	5,715

* Existe diferença estatística entre as médias, ao nível de 5 % de probabilidade.

As resistências relativas das emendas em relação às amostras de madeira maciça foram calculadas e se encontram na Tabela 6. Assim, por exemplo, os valores encontrados dentro da inclinação 1:6, nas pressões 0,7, 1,1 e 1,5 MPa, foram originados da divisão dos seus valores pelo valor de resistência da testemunha (T). O mesmo procedimento foi adotado para as inclinações 1:8, 1:10 e 1:12.

Pode se observar, nesta Tabela, nas duas madeiras que, à medida que se diminui a inclinação da emenda, aumenta-se a resistência média relativa da junta; além disso, pode-se notar que as emendas feitas com madeira de pinus atingiram maiores valores de resistência relativa, em termos médios, mostrando uma melhor adesão desta madeira. Outro aspecto a ser observado, na madeira de eucalipto, é que na pressão de 1,5 MPa os valores atingidos de

resistência relativa foram inferiores aos de pressão mais baixa.

As inclinações e pressão escolhidas anteriormente pelo critério estatístico (1:10, 1:12 para pinus e 1:12 para eucalipto) atendem perfeitamente ao valor mínimo de resistência relativa de 80%.

CONCLUSÕES

Para as madeiras de pinus e eucalipto, as distintas pressões de colagem não afetaram a resistência da emenda em bisel - apesar da madeira de pinus mostrar uma leve tendência de aumento da resistência com o aumento da pressão - enquanto que as distintas inclinações afetaram sua resistência. Quanto à resistência relativa, valores

Tabela 5. Comparações entre as médias da resistência à flexão, pelo teste de Tukey, das emendas em bisel para as madeiras de pinus e eucalipto.

Madeira de pinus				
Inclinação do bisel				
Pressão	1:6	1:8	1:10	
0,7	48,8 B b	71,3 A a	74,0 A a	76,8
1,1	75,3 A a	64,3 A a	76,7 A a	82,0
1,5	66,8 B ab	69,9 AB a	81,9 AB a	87,3
Média	63,6 B	68,5 B	77,5 A	82,0

Madeira de eucalipto	
Inclinação	Média
1:6	102,3
1:8	109,9
1:10	119,1
1:12	163,5

Em que letras maiúsculas distintas mostram as diferenças significativas entre colunas (inclinação da emenda) e letras minúsculas entre linhas (entre pressões), ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6. Valores médios da resistência relativa à flexão dos corpos de prova das emendas em bisel para madeira de pinus e eucalipto.

MADEIRA DE PINUS				
Resistência relativa %				
Inclinação do bisel				
Pressão	1:6	1:8	1:10	
0,7	55,9	80,0	83,9	
1,1	86,3	72,2	87,0	
1,5	76,5	78,5	92,9	
Média*	72,9	78,4	88,7	

MADEIRA DE EUCALIPTO				
Resistência relativa %				
Inclinação do bisel				
Pressão	1:6	1:8	1:10	
0,7	58,4	62,4	75,2	
1,1	64,1	67,4	64,7	
1,5	53,8	70,4	62,0	
Média*	61,4	66,7	67,3	

*Valores das médias excluem as valores de resistência relativa das testemunhas.

acima de 80% foram encontrados nas inclinações inferiores e iguais a 1:10 para madeira de Pinus e para madeira de eucalipto somente na inclinação de 1:12.

LITERATURA CITADA

BITTENCOURT, R. M., DOMICIANO, L. C. Eucalipto aplicado na construção civil: processo de

- beneficiamento. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, 6, 1998, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: UFSC-LEE, 1998. v.3, p. 361-372.
- FOREST PRODUCTS LABORATORY. Wood handbook : wood as an engineering material. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, *Forest Products Laboratory*, 1987. 463 p.
- FORINTEK CANADA CORPORATION. *Effect of scarf joints on bending properties of laminated veneer lumber*. FO 42-91/72-1989E. 1989.
- GRAEFF, A. *Estudo da madeira laminada colada com emendas de topo reforçadas com fibra de vidro*. Florianópolis, 1995. 129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.
- JESUS, J. M. H., BONO, C. T., MACÊDO, A. N. Estrutura em MLC: Igreja Nossa Senhora do Guadalupe. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, 6, 1998, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: UFSC-LEE, 1998. v.1, p. 269-275.
- MADSEN, B., LITTLEFORD, T. W. Finger joints for structural usage. *Forest Products Journal*, v.12, n.02, p.68-73, 1962.
- MANTILLA CARRASCO, E. V. *Resistência, elasticidade e distribuição de tensões nas vigas retas de madeira laminada colada*. São Carlos, ESSC, 1989. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Estruturas), Escola de Engenharia de São Carlos, 1989.
- MANTTHIESEN, J. A. Estudo das emendas biseladas em madeira laminada colada. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, 6, 1998, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: UFSC-LEE, 1998. v.1, p. 345-356.
- MOODY, R. C., HERNANDEZ, R. In:., Engineered wood products - A guide for specifiers, designers and users. Smulski, Stephen, ed. Madison, WI: PFS Research Foundation: pp. 1-39. 1997. Chapter 1 Glued-Laminated Timber. USDA Forest Service, *Forest Products Laboratory*. Madison, Wisconsin.
- NOGUEIRA, M. C. J. A. e LAHR, F. A. R.. Indicações para o emprego de dezesseis espécies de Eucalyptus na construção civil. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 4., 1992, São Carlos. *Anais...* São Carlos: LaMEM-EESC-USP, 1986. v.1. p.37-48.
- SALES, A. e LAHR, F. A. R.. Características de resistência mecânica da madeira de eucalipto cultivada no estado de São Paulo. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 4., 1992, São Carlos. *Anais*. São Carlos: LaMEM-EESC-USP, 1992. v.3. p.91-102.
- SZÜCS, C. A. Entalhes múltiplos, determinação da geometria, da pressão de colagem e do enfraquecimento causado. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 4., 1992, São Carlos. *Anais...* São Carlos: LaMEM-EESC-USP, 1992. v.3. p.21-31.