



DESEMPENHO MECÂNICO DE MADEIRA LAMINADA COLADA DE *Eucalyptus* spp.

Cleide B. BOURSCHEID¹, Rodrigo F. TEREZO², Ângela M. STÜPP¹, Douglas A.
VANZELLA³

¹ Mestranda em Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal,
Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Brasil

² Professor Dr. no Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de
Santa Catarina, Lages, Brasil

³ Graduando em Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal,
Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Brasil

Resumo: O bom desempenho do mercado madeireiro em função do uso da madeira na construção civil é uma realidade a nível mundial. Considerando o destaque que a Madeira Laminada Colada (MLC) vem obtendo nesse mercado e o alto padrão de qualidade requerido pelo produto final, percebe-se que a realização de pesquisas e acompanhamento quanto à caracterização dos novos produtos e do controle de qualidade dos elementos estruturais ao longo de todo o processo de fabricação é de importância fundamental para atingir os parâmetros de segurança exigidos internacionalmente. Para tanto, o presente estudo apresenta uma caracterização de MLC produzida com múltiplas espécies de *Eucalyptus* provenientes de florestas plantadas, através de ensaios de avaliação da linha de colagem e ensaio de flexão estática de vigas. Com a análise realizada é possível perceber que os padrões de qualidade exigidos para MLC não foram atingidos na sua maioria. Os resultados obtidos para avaliação do *finger-joint* e delaminação não atingiram os critérios pré-estabelecidos pelas normas, o que foi corroborado com o ensaio de flexão a quatro pontos nas vigas. A análise comparativa com demais produtos MLC e madeira maciça mostra que há potencial na MLC de *Eucalyptus* spp., porém, é indispensável que todos os critérios normativos sejam cumpridos.

Palavras-chave: *Eucalyptus* spp.; controle de qualidade; produto engenheirado em madeira.

Abstract: The good performance of the timber market due to the use of wood in construction is a reality worldwide. Considering the featured that the Glued Laminated Timber (GLULAM) has achieved in this market and the high quality standards required by the final product, it perceives that conducting research and monitoring as to the characterization of new products and quality control of the structural elements throughout the manufacturing process is of fundamental importance to achieve the safety standards required internationally. Therefore, this study presents a characterization of GLULAM produced with multiple *Eucalyptus* species from planted forests, through evaluation tests of the bond line and testing of bending. With the analysis was able to realize that the quality standards required for GLULAM were not achieved. The results obtained for evaluation of finger joint and delamination did not reached, in the most results, the pre-established criteria by the norms, which could be corroborated with the bending test at four points in the beams. The comparative analysis with other GLULAM products and solid wood shows that there is potential in the GLULAM of *Eucalyptus* spp., however, it is essential that all regulatory criteria are achieved.

Keywords: *Eucalyptus* spp. ; quality control; engineered wood product.



1. INTRODUÇÃO

O aquecimento do mercado madeireiro em função do uso da madeira na construção civil é realidade a nível mundial. Considerando o destaque que a Madeira Laminada Colada (MLC) vem obtendo nesse meio, devido ao seu emprego, que vai desde pequenas passarelas, escadas e abrigos, até grandes estruturas concebidas que cobrem vãos livres de até 100 m (TEREZO, 2010) e o alto padrão de qualidade requerido pelo produto final, percebe-se que a cadeia produtiva brasileira apresenta a necessidade de aporte técnico especializado. A fim de atingir os parâmetros de qualidade exigidos internacionalmente, a realização de pesquisas e acompanhamento quanto à caracterização dos novos produtos e do controle de qualidade dos elementos estruturais ao longo de todo o processo de fabricação é de importância fundamental.

Dentro da gama de fatores que influencia diretamente a qualidade do produto tem-se presente a espécie a ser utilizada. Para Szücs (1992) é evidente que estudos devem ser realizados no sentido de se proceder em cada região uma investigação botânica, física e mecânica para a caracterização das madeiras que melhor possam se adaptar a essa técnica. Devem ter destaque nessa investigação, principalmente as madeiras de reflorestamento. A diversidade florestal presente nos plantios homogêneos brasileiros afeta consideravelmente o mercado industrial madeireiro, e considerando que cada espécie possui características específicas de resistência, é indispensável que o acompanhamento e caracterização do produto engenheirado.

Considerando a importância do controle de qualidade para a produção, assim como de pesquisas que auxiliem no processo de diagnóstico e caracterização dos produtos com espécies potenciais, o presente estudo apresenta uma caracterização de MLC produzida com múltiplas espécies de *Eucalyptus* provenientes de florestas plantadas do Rio Grande do Sul.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O programa experimental de caracterização da linha de colagem foi executado nas dependências da Universidade do Estado de Santa Catarina, Campus de Ciências Agroveterinárias, na cidade de Lages e o ensaio de flexão das vigas, no Laboratório de Experimentação em Estruturas (LEE) da Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis, ambos em Santa Catarina. A colagem dos *finger-joints* das lâminas, assim como a colagem e prensagem das vigas de MLC foi executada em empresa privada do setor.

O experimento foi desenvolvido em 4 etapas: delineamento do experimento (i), confecção das vigas e corpos de prova (ii), ensaios de avaliação da linha de colagem (iii), ensaio de flexão estática das vigas (iv).

2.1. Delineamento do experimento

Com o objetivo de realizar a caracterização foram confeccionadas 10 vigas. O adesivo utilizado foi o Jowapur® 687.22, mono componente de poliuretano reativo, que inicia o processo de cura quando entra em contato com oxigênio, e é comercializado pela empresa Jowat do Brasil. A gramatura foi de 250 g/m², e o tempo de prensagem foi de 2h15min.

A madeira utilizada foi de *Eucalyptus* spp., sem classificação, de pequenas dimensões e as ligações de topo foram por *finger-joints*. Antes do início do processo de fabricação todas as peças de madeira foram condicionadas em estufa, a temperatura de 56°C e umidade relativa de 50% por 6 dias, atingindo a umidade de equilíbrio de 12%.



2.2. Confeção das vigas e corpos de prova

O processo de confecção foi iniciado com a fresagem e colagem mecânica dos *finger-joints*, com utilização de prensa. Vinte e quatro horas após a colagem das emendas, as lâminas foram aplainadas e destopadas, sendo que 7 lâminas foram separadas para extração dos corpos de prova do ensaio de resistência das emendas por *finger-joints*. As demais seguiram para encoladeira e foram posicionadas na prensa. Após a prensagem, as vigas passaram vinte e quatro horas sem pressão para o término da cura da cola, para então serem aplainadas e destopadas. Tanto as lâminas quanto as vigas MLC foram destopadas em comprimento por pelo menos 20 cm em cada extremidade, a fim de eliminar o fator de heterogeneidade das pontas. As dimensões finais das vigas foram de 2,7 m de comprimento, com uma seção transversal de 12 cm de altura por 6 cm de largura, sendo que cada viga é composta por 6 lâminas com seção transversal de 6 x 2 cm.

2.3. Ensaio de avaliação das linhas de colagem

De acordo com a NBR 7190/1997, os ensaios exigidos para caracterização da MLC são o ensaio de cisalhamento na linha de cola, o ensaio de tração perpendicular à linha de cola e o de resistência dos *finger-joints*. No ensaio de cisalhamento na linha de cola os corpos de prova foram adaptados da norma francesa NF B 5-32/1942, de forma a melhor adaptação à máquina de ensaio utilizada (TEREZO & SZÜCS 2010 e SZÜCS et al. 1998). Como forma complementar de avaliação foram realizados também os ensaios de delaminação, adaptado das normas DIN 391/2002 e 386/2002 e a análise de geometria dos *finger-joints*, conforme norma DIN 68 140/1971.

Os corpos de prova para tais ensaios foram obtidos a partir de 3 vigas, exceto os do ensaio de resistência das emendas por *finger-joints*, que foram extraídos das lâminas anteriormente separadas. Todos os corpos de prova extraídos das vigas foram retirados em ordem alternada de linhas de colagem para maior variabilidade de desempenho.

Os ensaios exigidos pela NBR 7190 foram executados em máquina universal de ensaios EMIC, modelo DL3. Já para o ensaio de delaminação, que simula o intemperismo a que o produto estará sujeito ao longo dos anos, houve a necessidade de adaptar as condições de ensaio. A fim de recriar as condições ideais de ensaio descritas pela norma foram utilizados autoclave com capacidade para 300 litros e 3 kgf/cm² de pressão, bomba de vácuo com capacidade de 700 mmHg de pressão e dessecador de vidro como recipiente para o vácuo. O ensaio de delaminação foi realizado para classe A, como MLC para uso externo.

A utilização de normas estrangeiras não adaptadas à realidade de mercado brasileiro se deve à ausência de normatização própria para tais ensaios.

2.4. Ensaio de flexão estática das vigas

O ensaio de flexão estática para peças de porte estrutural “a quatro pontos”, onde o carregamento aplicado é dividido em dois pontos sobre a viga, foi realizado de acordo com a norma ASTM 198/1984. O ensaio foi adotado baseando-se nos critérios de avaliação de vigas estruturais sugerido por Santos Neto, Grohmann e Szücs (1998).

O sistema de teste foi montado sob uma laje de reação de 10x10m. Os elementos do sistema de teste foram: pórtico de reação em aço, atuador hidráulico com capacidade de 20t e sistema elétrico de pressão de óleo, sistema de distribuição de carga para dois pontos rotulado, célula de carga com capacidade de 20t, transdutores de deslocamento e equipamento de aquisição de dados. Entre os dois pontos de aplicação do carregamento, foram posicionados os



transdutores de deslocamento. Ao todo foram avaliadas 7 vigas, e o ciclo de carga e descarga seguiu os parâmetros da NBR 7190.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Ensaios de avaliação das linhas de colagem de acordo com a NBR 7190

Para este ensaio foram utilizados 23 corpos de prova, e os resultados obtidos no ensaio de resistência estão na Tabela 01, a seguir:

Tabela 01. Resultados para ensaio de cisalhamento na linha de cola

Valor característico	4,05 Mpa
Média	6,47 Mpa
Desvio padrão	14,35
Coeficiente de variação	22,17%

Se comparada à madeira maciça de *Eucalyptus grandis*, descrita na NBR 7190, os dados apresentam conformidade em relação à norma, por apresentar uma média semelhante à descrita, e coeficiente de variação dentro da máxima estabelecida. Comparado aos resultados obtidos por Miotto & Dias (2010), com MLC de um híbrido de eucalipto, o gradiente de variação entre os dados permanece semelhante. Para Miotto & Dias (2010) a resistência média ao cisalhamento na linha de cola foi de 7,7 Mpa.

Dos 23 corpos de prova ensaiados neste teste, a maioria (21) romperam na madeira, conforme exigido pelos padrões. De acordo com os critérios de avaliação adotados para modo de ruptura os resultados obtidos estão em conformidade com a norma.

Utilizaram-se 18 corpos de prova para fazer a caracterização de resistência à tração perpendicular. Os resultados obtidos estão na Tabela 02:

Tabela 02. Resultados para ensaio de tração perpendicular às fibras

Valor característico	2,19 Mpa
Média	4,11 Mpa
Desvio padrão	10,85
Coeficiente de variação	26,43%

Comparando os resultados com os parâmetros dados na NBR 7190/97 de *Eucalyptus grandis* maciço, o produto analisado apresenta uma média superior de resistência, porém um coeficiente de variação acima do admitido pela norma para este ensaio, que é de 18%. Já neste caso, o produto avaliado apresenta um valor médio acima da média do MLC de híbrido estudado por Miotto & Dias (2010), que é de apenas 1,6 Mpa. O coeficiente de variação acima do permitido significa variabilidade excessiva de resistência entre as amostras, possivelmente pela diversidade de espécies utilizadas na composição das vigas, o que não é desejável.

O modo de ruptura neste ensaio teve elevadas taxas de ruptura na linha de cola, conforme pode ser visualizado na Tabela 03 a seguir:



Tabela 03. Modo de ruptura no ensaio de tração perpendicular às fibras

<i>CP</i>	<i>Ruptura na linha de cola</i>
1	30%
2	85%
3	35%
4	60%
5	0
6	30%
7	15%
8	15%
9	20%
10	20%
11	20%
12	15%
13	5%
14	20%
15	0
16	70%
17	0
18	10%

As elevadas taxas de ruptura na linha de cola por si só mostram um problema considerável no que diz respeito à qualidade do produto. A ocorrência dessa situação em altas taxas significa que houve desequilíbrio na relação cola/madeira.

Para a caracterização de resistência na emenda dentada, ou tração paralela às fibras, foram utilizados 11 corpos de prova. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 04:

Tabela 04. Resultados para ensaio de tração paralela às fibras

Valor característico	29,09 Mpa
Média	43,10 Mpa
Desvio padrão	74,30
Coeficiente de variação	17,24%

Quando comparados com *Eucalyptus grandis* maciço da NBR 7190, os valores obtidos no ensaio foram significativamente abaixo do critério estabelecido, que é uma média de 70,2 Mpa. A variação entre os presentes resultados e os obtidos por Miotto & Dias (2010) em MLC também é alta, a resistência média obtida por eles foi de 82,9 Mpa.

Os modos de ruptura obtidos nos corpos de prova ensaiados são apresentados na Tabela 05 a seguir, e correspondem aos baixos valores de resistência obtidos.



Tabela 05. Modo de ruptura no ensaio de tração paralela às fibras

CP	MODO DE RUPTURA
1	Madeira
2	Linha de cola/Base do finger
3	Linha de cola
4	Linha de cola/Base do finger
5	Linha de cola
6	Linha de cola
7	Linha de cola
8	Linha de cola
9	Linha de cola/Base do finger
10	Linha de cola
11	Linha de cola/Base do finger

Apenas 1 dos 11 corpos de prova ensaiados teve ruptura total na madeira. O rompimento excessivo na linha de colagem é reflexo de falha no processo de ligação das peças ou na geometria dos dentes, o que reduz a resistência do material, efeito descrito anteriormente.

Considerando a norma DIN 68 – 140, que descreve que ao serem empregados *finger-joints* em lâminas que serão submetidas à elevados graus de esforços (elementos estruturais de grande porte), admite-se uma perda de resistência de 18%, devido ao grau de enfraquecimento que esse modelo de emenda promove em vigas de MLC, os resultados obtidos apresentam valores abaixo do parâmetro admitido pela norma. A perda de resistência neste ensaio, com relação à madeira maciça de *Eucalyptus grandis* descrita na NBR é de mais de 38%, e se compara aos resultados obtidos por Miotto & Dias (2010) essa perda de resistência chega a 48%.

3.2. Geometria da emenda dentada

A norma DIN 68 – 140 determina metodologia de cálculo e dá arestas pré-determinadas para uso na emenda dentada, conforme mostra a Tabela 07. Para uso estrutural, a indicação é que o comprimento da emenda (l) seja maior que 10 mm, e que o grau de enfraquecimento (v) seja necessariamente menor que 0,18. Na Tabela 06 tem-se os dados obtidos a partir dos corpos de prova ensaiados.

Tabela 06. Características geométricas das emendas

t	5 mm
b	1,32 mm
L	19,77 mm
α	7,1166°
$v=b/t$	0,264



Tabela 07. Características geométricas dos entalhes múltiplos.

<i>Categoria</i>	<i>l</i>	<i>l</i>	<i>α</i>	<i>T</i>	<i>b</i>	<i>v</i>	<i>v</i>
<i>I</i>	≤10	7,5	≤ 7,5°	2,5	0,2	0,08	≤ 0,18
		10		3,7	0,6	0,16	
	> 10	20	≤ 7,1°	6,2	1	0,16	
		50		12	2	0,17	
		60		15	2,7	0,18	

Onde: *l* = comprimento dos entalhes, *α* = inclinação da face do dente, *t* = largura da base dos dentes, *b* = espessura da extremidade de um dente, *v* = *b/t* ; grau de enfraquecimento. Fonte: Adaptado DIN 68 140/71.

Comparando o valor do grau de enfraquecimento ‘*v*’ obtido é possível observar que a geometria utilizada na pesquisa não está de acordo com os padrões exigidos pela norma, o que justifica o resultado do ensaio de tração paralela às fibras.

3.3. Delaminação

As resultantes deste ensaio são a delaminação média total do ensaio em porcentagem, que foi de 33,63%, e a delaminação máxima por corpo de prova ensaiado, apresentada na Tabela 08 a seguir.

Tabela 08. Delaminação máxima por corpo de prova

<i>CP</i>	<i>Delaminação Máxima (%)</i>
<i>1</i>	85,66
<i>2</i>	65,75
<i>3</i>	35,90
<i>4</i>	71,57
<i>5</i>	53,98
<i>6</i>	65,80
<i>7</i>	53,91
<i>8</i>	58,51
<i>9</i>	57,45
<i>10</i>	61,19
<i>11</i>	63,81
<i>12</i>	70,89

Em ambos os casos os critérios pré-determinados pela norma não foram atingidos. A análise de resistência à delaminação foi, de acordo com a norma, para Classe A, que é para uso da MLC em áreas externas. Neste modelo de ensaio, o critério da norma aceita uma delaminação média de até 5%, valor inferior ao obtido no ensaio. No caso da delaminação máxima por corpo de prova a norma admite valor máximo de até 40%, e apenas o corpo de prova número 3 entrou em conformidade com o exigido. Todos os 11 demais corpos de prova estão em inconformidade com o critério de avaliação.

O conjunto dos resultados obtidos no ensaio de delaminação permite certificar que o produto em questão não pode ser utilizado em áreas externas. Porém, nesse sentido é indispensável ressaltar que a norma é alemã, e para tanto, desenvolvida de acordo com a disponibilidade de matéria prima daquele país. A diversidade de madeiras presentes no mercado brasileiro é muito maior, assim como o comportamento destas em relação às suas propriedades físicas e mecânicas, devido aos diferentes sistemas de condução, taxas de



crescimento e espécie, por exemplo. O comportamento da madeira de eucalipto é amplamente reconhecido como dificultoso para uso externo prolongado em função da presença de rachaduras quando exposto ao intemperismo. A necessidade de maiores estudos com relação a estes processos e adaptação da norma são necessários.

3.4. Flexão estática

No experimento de flexão estática a quatro pontos foram utilizadas 7 vigas par fazer a caracterização de resistência até a ruptura. Os resultados obtidos se encontram na Tabela 09, a seguir:

Tabela 09. Resultados para ensaio de flexão estática

Valor característico	33,25 Mpa
Média	58,90 Mpa
Desvio padrão	14,76
Coefficiente de variação	25,06%

O resultado obtido por Grohmann (1998) em vigas MLC de *Eucalyptus grandis* sem classificação de lâminas foi de 92,23 Mpa, superior ao encontrado nesta avaliação. Para o híbrido estudado por Miotto & Dias (2010), o valor de resistência média até a ruptura encontrado foi de 62,3 Mpa, também superior. Sendo que, o coeficiente de variação obtido neste ensaio está acima do critério limitante da norma. Isso significa que há presença de variabilidade excessiva de resistência entre as amostras, reflexo das baixas resistências apresentadas nos ensaios anteriores, associados à diversidade de espécies utilizadas na composição das vigas. Situação essa que não é aceitável na MLC com altos padrões de qualidade.

O Módulo de Elasticidade (MOE) obtido pelo ensaio de flexão é apresentado pela Tabela 10, a seguir:

Tabela 10. Resultados de módulo de elasticidade

Média	21.678,13 Mpa
Desvio padrão	7.054,29
Coefficiente de variação	32,54%

Ainda para Grohmann (1998), o valor médio de MOE para as vigas sem classificação foi de 20.150,50 Mpa, inferior ao encontrado no presente trabalho. E para Miotto & Dias (2010), o MOE médio encontrado foi de 23.514 Mpa, superior ao produto avaliado. O coeficiente de variação obtido neste ensaio é superior ao permitido pela norma, o que novamente é reflexo de uma alta variação nas resistências e não é desejável, em função da estabilidade necessária no produto final.

A ruptura ocorrida no ensaio de flexão a 4 pontos comprova os resultados obtidos nos ensaios anteriores. Das 7 vigas ensaiadas, apenas uma (viga 7) teve rompimento completo na madeira da lâmina de maior esforço. As demais vigas romperam principalmente nas emendas por *finger-joints* e em linhas de colagem. Esse tipo de ruptura neste ensaio mostra como os ensaios descritos anteriormente influenciam diretamente na qualidade da MLC como um todo. Os baixos valores obtidos nos ensaios de tração paralela às fibras aliado ao modo de ruptura reflete de maneira incisiva na estrutura avaliada, que ficou aquém às exigências normativas. Os altos coeficientes de variação obtidos neste ensaio também comprovam a baixa eficiência



em relação à exigência de homogeneidade de um material altamente engenheirado em madeira.

4. CONCLUSÃO

Com a análise de caracterização completa é possível perceber que o padrão de qualidade exigido para a MLC não foi atingido nesta pesquisa. Tal fato pode ser explicado pela variabilidade dos resultados ocasionados pela utilização de espécies diferentes. Salienta-se a necessidade de ser empregada uma espécie com características que correspondam aos valores mínimos exigidos para a produção de elementos estruturais em MLC.

Os resultados desfavoráveis da resistência dos *finger-joints*, bem como os resultados determinados nos testes de delaminação, os quais são ponderados por valores da norma europeia, alertam para a necessidade de pesquisas aprofundadas sobre o tema adequadas para o uso e a realidade das condições brasileiras.

A análise comparativa com demais produtos MLC e madeira maciça mostra que há potencial na MLC de *Eucalyptus spp.*, desde que haja uma classificação mecânica das lâminas, sendo utilizadas somente aquelas que sejam compatíveis para uso estrutural.

Portanto, é indispensável que todos os critérios normativos sejam cumpridos para garantir a segurança e confiabilidade das estruturas feitas em MLC no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR - 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 107p.

AFN - ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION. NF B 5-32: Essai de cisaillement.. Paris: AFN, 1942.

ASTM - AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. ASTM-198/84: Static test for timber in structural sizes. West Conshohoken: ASTM, 1984.

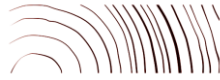
DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN – 68-140: Wood Finger-Jointing. Berlin: DIN, 1971.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN 386: Glued laminated timber: Performance requirements and minimum production requirements. Berlin: DIN, 2002.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN 391: Glued laminated timber: Delamination test of glue lines. Berlin: DIN, 2002.

GROHMANN, S. Z. Vigas de madeira laminada colada com lâminas pré-classificadas de *Eucalyptus grandis*. Brasil - Florianópolis, SC. 1998. 120 p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

MIOTTO, J. L.; DIAS, A. A. Produção e avaliação de vigas de madeira laminada colada confeccionadas com lâminas de eucalipto. Revista Tecnológica, p. 37-47, 2010.



TEREZO, R. F., & SZÜCS, C. A. (2010). Analysis of glued laminated beams performance of parica species (*Schizolobium Amazonicum* Huber ex. Ducke). *Scientia Forestalis*, 38(87), 471-480.

SZÜCS, C. A. Aplicação estrutural da madeira sob a técnica do laminado-colado. Apostila. Departamento de Engenharia Civil, UFSC. Florianópolis, 1992. 22 p.

SZÜCS, C.A.; BOHN, A.R.; VALLE, A. Corpos-de-prova para a caracterização de elementos produzidos em madeira laminada colada. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: EBRAMEM, 1998.

TEREZO, R.F. Avaliação tecnológica do paricá e seu uso em estruturas de madeira laminada colada. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SANTOS NETO, A.B.S.; GROHMANN, S.Z.; SZÜCS, C.A. Ensaio de caracterização de vigas de madeira laminada colada (MLC) por flexão a quatro pontos. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6, 1998, FLORIANÓPOLIS. Anais... Florianópolis: EBRAMEM, 1998. pp. 283-293.