



INFLUÊNCIA DO COMPRIMENTO DAS LASCAS PARA ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE MADEIRA PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Cristiane I. de Campos^{1,2*}, Cristiane K. de C. Araújo², Camilla K. C. de C. Araújo¹,
Maria F.F. Silva¹, Ana B. P. de Andrade¹

1 – Instituto de Engenharia e Ciências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Itapeva, SP.

2 – Faculdade de Engenharia e Ciências, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Guaratinguetá, SP. cristiane.campos@unesp.br

RESUMO

Os produtos engenheirados de madeira se destacam no mercado internacional como alternativas interessantes para a substituição da madeira maciça em diversas aplicações, seja na indústria de móveis e embalagens, como na construção civil. Visando uso racional da matéria-prima a partir do aproveitamento mais responsável da madeira, surgem os produtos industrializados que apresentam-se promissores, especialmente, quanto a sustentabilidade seja quanto ao uso de madeira de reflorestamento assim como aplicação de adesivos menos agressivos ao homem e ao meio ambiente. O presente estudo avaliou o desempenho estrutural de painéis produzidos com lascas de madeira em três diferentes comprimentos, visando avaliar o desempenho mecânico dos mesmos para aplicação na construção civil com elementos de vigas. Os painéis produzidos são comercializados com as nomenclaturas OSB (Oriented Strand Lumber) e adaptações do OSL (Oriented Strand Lumber) e LSL (Laminated Strand Lumber). Para a produção de todos os painéis utilizou-se adesivo poliuretano à base de óleo de mamona consolidados sob ação de calor e pressão. Foram realizados testes mecânicos para determinar a resistência e a rigidez na flexão estática de acordo com documento normativo EN 310 (2006). Obtiveram-se elevados resultados de resistência e rigidez para as três variações estudadas e, pode-se concluir que o aumento do comprimento das lascas proporciona painéis com melhor desempenho estrutural para aplicação na construção civil, verificando melhor desempenho para os painéis LSL. Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - Processo nº 2015/04660-0.

Palavras-chave: OSB, OSL, LSL, caracterização mecânica.

INTRODUÇÃO

O segmento florestal tem crescido consideravelmente nos últimos anos, destacando-se neste contexto os produtos florestais madeireiros. Neste grupo estão os produtos engenheirados de madeira que apresentam aplicação tanto na construção civil quanto na indústria moveleira. Observa-se ainda, o surgimento de alternativas que visam aprimorar os produtos engenheirados a partir de madeira de reflorestamento (Araújo et al, 2019; Oliveira, 2021) com o uso de aditivos menos poluentes, que permitam o surgimento de materiais de alta qualidade e ambientalmente corretos. Segundo Souza et. al., (2018) os resíduos de madeira podem retornar ao processo

produtivo, a fim de agregar valor nos compósitos, visando trazer vantagens econômicas e ambientais, ao invés do descarte inadequado.

Em paralelo a isso, para o desenvolvimento de novos produtos, é essencial para garantir que as propriedades e usos dos materiais sejam equiparados ou superiores aos existentes no mercado, além de torná-los mais competitivos quanto ao custo, desempenho ou sustentabilidade. Neste contexto, dentre os produtos tecnológicos e sustentáveis destacam-se os compósitos de madeira, dentre eles os painéis de madeira, os quais se aplicam em diversos setores industriais. No Brasil, obteve-se um crescimento de 26,2% no consumo de painéis de madeira no primeiro trimestre de 2021 comparado ao mesmo período de 2020 (SETOR MOVELEIRO, 2021). O painel LSL (Laminated strand lumber) e o OSL (Oriented strand lumber) são uma extensão dos painéis estruturais OSB (Oriented Strand Board). Os produtos apresentam mais semelhanças que diferenças. A principal diferença é que as lascas de ambos são maiores que do painel OSB, sendo que as lascas de LSL apresentam até 30 cm de comprimento e de OSL até 15 cm de comprimento (AF&PA 2006). Visando tal crescimento no setor, este estudo tem por objetivo a produção de painéis estruturais de madeira (OSB, OSL e LSL) a partir de resíduos de madeira laminação aglutinados com adesivo verde, em três diferentes dimensões de lascas, a fim, de identificar a influência dessas dimensões na resistência mecânica dos mesmos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais, utilizados no estudo foram resíduos de lâminas de *Pinus taeda* provenientes do processo de laminação. Tais resíduos foram gerados ao longo do processo, seja no início do processo de laminação onde a tora ainda não apresenta regularidade em sua conicidade ou mesmo ao longo do transporte e processamento das lâminas. Utilizou-se também adesivo poliuretano bi componente à base de óleo de mamona.

Produção dos painéis

Foram produzidos painéis OSB, OSL e de LSL nas dimensões de 500 mm x 500 mm e espessura de 15 mm. Foram utilizados 12% de resina poliuretana à base de óleo de mamona aplicado com o auxílio de um pincel largo. Os painéis produzidos foram compostos por três camadas, sendo as duas camadas externas com as partículas orientadas paralelamente em um dos eixos e a terceira, a camada interna do colchão, com as partículas dispostas perpendicularmente a esse eixo. Cada colchão foi produzido com 1600g de lascas e 240g de resina no total (misturados 120g de poliol e 120g de pré-polímero) e nas camadas foram divididas as quantidades de partículas e de resina em cerca de 1/3 do total. As partículas foram dispostas em camadas no colchão a partir de um sistema de telas metálicas para facilitar a orientação.

Após a formação do colchão, o mesmo foi pré-prensado a frio por aproximadamente 120 segundos com leitura de pressão constante de aproximadamente 1 MPa. Em seguida, foi realizada a prensagem a quente do painel por um período determinado preliminarmente de 10 minutos, com temperatura de 100°C (determinada pelo fabricante do adesivo), e leitura de pressão específica constante de aproximadamente 3,5 MPa. Para a prensagem foi utilizada prensa hidráulica termomecânica da marca Marconi com capacidade de carga de 50 toneladas. Após a prensagem, os painéis foram acondicionados até obter peso constante e esquadrejados para posterior caracterização.

Caracterização dos painéis

Concluída a etapa de produção dos painéis, foram realizados ensaios de caracterização físico-mecânica dos corpos-de-prova retirados das chapas de OSL e das chapas de LSL. A caracterização e avaliação dos painéis foram estabelecidas conforme a norma europeia para caracterização de painéis a base de madeira, a *European Committee for Standardization* (EN 310-2006 – Ensaios de flexão para determinação do módulo de ruptura e elasticidade).

Os ensaios foram realizados na máquina universal de ensaios EMIC com capacidade de carga de 30 toneladas, no Laboratório de Propriedade dos Materiais - UNESP Campus de Itapeva. A norma europeia seguida exige que o cutelo de carregamento seja de um mesmo comprimento que os apoios e de um diâmetro de $(30 \pm 0,5 \text{ mm})$ e os apoios cilíndricos paralelos de rolamentos com um comprimento superior a largura do provete e um diâmetro $(15 \pm 0,5 \text{ mm})$ disposto paralelamente aos apoios, em posição equidistante. O vão entre apoios para a realização do teste de flexão foi de 20 vezes a espessura da amostra ($t = 15 \text{ mm}$), ou seja, igual a 300 mm, e os 50 mm restantes do comprimento do corpo-de-prova, se divide em duas partes de 25 mm cada, além dos apoios. Na Figura 1 estão ilustrados os corpos-de-prova de flexão sendo ensaiados no laboratório.

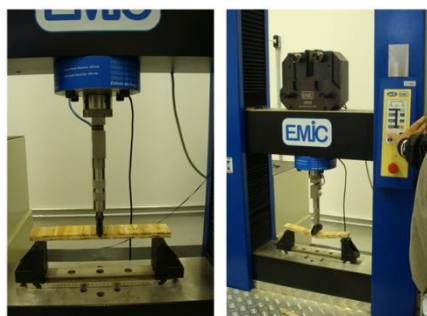


Figura 1: Ensaio de flexão de resistência e rigidez.

estática para determinação

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios físicos e mecânicos estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, bem como. Como não existem normas técnicas para testes em LSL/OSL, os resultados foram comparados com a literatura e com as normas referentes à classificação e especificação do OSB para uso estrutural. Os valores obtidos no teste de flexão foram comparados aos estudos de Ferraz et al. (2009). Na Tabela 1 estão os valores médios das Tensões de Ruptura (f_m) e dos Módulos de Elasticidade (E_m) nas direções paralelas e perpendiculares para as chapas de LSL e OSL.

Tabela 1: E_m e f_m dos corpos-de-prova de OSL e LSL paralelo e perpendicular.

Painel	Direção	Resistência f_m (MPa)	Rigidez E_m (MPa)
LSL	Paralela	$113,10 \pm 12,95$	$46.950,00 \pm 9816,00$
	Perpendicular	$30,34 \pm 11,82$	$18.710,00 \pm 17940,00$
OSL	Paralela	$85,18 \pm 7,62$	$39.220,00 \pm 13140,00$
	Perpendicular	$23,26 \pm 3,94$	$11.910,00 \pm 6806,00$
OSB	Paralela	$46,61 \pm 6,24$	$26382,06 \pm 8531,00$
	Perpendicular	$17,46 \pm 4,58$	$9567,23 \pm 4875,00$

Como pode-se observar na Tabela 1 o painel LSL possui propriedades mais resistentes que os OSL e o OSB por ter apresentado tanto módulo de ruptura quanto de elasticidade superiores. Tais resultados comprovam que o maior comprimento das lascas foi favorável para o melhor

desempenho estrutural dos painéis, ou seja, quanto maior o tamanho das lascas, maiores os valores do MOR e MOE. Quando comparados à norma e literatura, os painéis LSL, OSL e OSB mostraram valores coerentes e concisos, variando principalmente no MOR em relação a outras espécies e outros tipos de adesivos (TABELA 2).

Ferraz et al. (2009) produziu painéis OSL e LSL de lascas de madeira *Chrysophyllum* sp. porém, as lascas não foram orientadas em camadas cruzadas e a comparação detalhada dos resultados está apresentada na Tabela 2. Ainda na Tabela 2 estão dispostas comparações entre os resultados observados para as propriedades mecânicas (E_m e f_m paralelos) dos painéis LSL/OSL/OSB produzidos e alguns produtos engenheirados de referências nacionais e internacionais. Nota-se que os LSL/OSL produzidos nessa pesquisa são produtos com boas propriedades mecânicas, apresentando valores muito superiores aos painéis LSL/OSL da literatura. O painel LSL em estudo apresenta E_m e f_m superiores a qualquer chapa da literatura. Já o OSL em estudo apresentou valor de E_m muito superior a qualquer painel da literatura e f_m semelhante ao de Ferraz et al. (2009).

Tabela 2: Comparativo de valores de E_m e f_m de compostos estruturais encontrados na literatura nacional e internacional.

Painel	Espécie	Densidade (g/cm ³)	E_m (MPa)	f_m (MPa)	Fonte
LSL	<i>Pinus elliottii</i>	1,16	46950	113,10	1
OSL	<i>Pinus elliottii</i>	0,90	39220	85,18	1
PSL	<i>Pinus/Liriodendron tulipifera</i>	n.i	13898	n.i	2
LSL	<i>Chrysophyllum</i> sp.	0,74	12912	74,2	3
OSL	<i>Chrysophyllum</i> sp.	0,76	12345	85,5	3
LSL	n.i	0,69	11851	47,8	5
Compensado	<i>Pinus taeda</i>	n.i	11591	76,8	4
LSL	<i>Populus tremuloides</i>	n.i	10426	n.i	2
OSL	<i>Hevea brasiliensis</i>	0,72	9420	99,2	7
LSL	<i>Populus tremuloides</i>	n.i	9030	n.i	2
OSB	<i>Eucalyptus grandis</i>	0,70	5592	40,6	6
OSB	<i>Pinus taeda</i>	0,70	5563	40,9	6

Fonte: 1: Presente pesquisa; 2: Lam & Prion (2003); 3: Ferraz et al. (2009); 4: Iwakiri et al. (2002); 5: Tankut et al. (2004); 6: Iwakiri et al. (2004); 7: Chirasatitsin et al. (2005).

Os painéis LSL possuem propriedades mais resistentes que os OSL e OSB por apresentarem tanto módulo de ruptura quanto de elasticidade maiores para as posições paralelas e perpendiculares. Tais resultados comprovam que o maior comprimento das lascas foi favorável para o melhor desempenho estrutural dos painéis. Portanto, a pesquisa confirma os estudos realizados por Chrasatitsin et al. (2005), que indicam que o aumento no comprimento da partícula tem resultado no aumento da flexão estática do painel.

CONCLUSÕES

A partir da caracterização mecânica, observou-se que os painéis estruturais estudados apresentam propriedades elevadas de resistência e rigidez elevados quando comparados com estudos presentes na literatura, especialmente os painéis OSL e LSL. Com base nos resultados obtidos verifica-se uma alternativa de inserção no mercado para aplicação estrutural, além de serem considerados produtos sustentáveis, devido as suas produções abordarem o uso de resíduos madeireiros e aplicação de resina verde, livre de formaldeído que é nocivo ao homem e ao meio ambiente. Observou-se também que, comparando os três painéis, o LSL obteve melhores resultados, o que a torna interessante para ser aplicada como: vigas, elementos de tesouras, entre outros. O comprimento das lascas teve influência direta no resultado final para caracterização mecânica dos painéis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - Processo nº 2015/04660-0.

REFERÊNCIAS

1. AF&PA. Structural composite lumber & glued laminated timber awareness guide. Washington, DC: American Forest & Paper Association.
2. ARAÚJO, C. K. C. et al. Caracterização mecânica de painéis particulados de média densidade produzidos a partir de resíduos de madeira. R. Gest. Industr., Ponta Grossa, v. 15, n. 1, p. 197-211, jan./mar. 2019
3. CHIRASATITSIN, S.; PRASERTSAN, S.; WISUTMETHANGOON, W.; KYOKONG, B. Mechanical properties of rubberwood oriented strand lumber. Songklanakarin Journal of Science and Technology, v. 27, n. 5, p. 1047-1055, 2005.
4. FERRAZ, J. et al. Propriedades de painéis de partículas laminadas paralelas utilizados como alternativa à madeira maciça. Revista Cerne, Lavras, v. 15, n. 1, p. 67-74, 2009.
5. IWAKIRI, S.; MENEZZI, C. S.; LAROCA, C.; VENSON, I.; MATOSKI, S. S. Produção de compensados de Pinus taeda e Pinus oocarpa com resina fenol-formaldeído. Revista Cerne, Lavras, v. 8, n. 2, p. 92-97, 2002.
6. IWARIKI, S.; MENDES, L. M.; SALDANHA, L. K. Utilização da madeira de eucalipto na produção de chapas de partículas orientadas OSB. Revista Cerne, Lavras, v. 10, n. 1, p. 46-52, 2004.
7. LAM, F.; PRION, H. Engineered wood products for structural purposes. In: THELANDERSSON, S.; LARSEN, H. J. Timber engineering. [S.l.: s.n.], p. 81-102, 2003.
8. SETOR MOVELEIRO. Painéis de madeira: Consumo interno e exportação no 1o tri. 2021. Available at: <https://setormoveleiro.com.br/paineis-de-madeira-consumo-interno-e-exportacao-no-1o-tri/>. Accessed on: 20 Ago. 2022.
9. SOUZA, A.M.; NASCIMENTO, M.F.; ALMEIDA, D.H.; LOPES SILVA, D.A.; CHRISTOFORO, A.L.; LAHR, F.A.R. Wood-based composite made of wood waste and epoxy based ink-waste as adhesive: A cleaner production alternative. Journal of Cleaner Production, v. 193, p.549-562, 2018.
10. Oliveira, T. R. Produtos de madeira de reflorestamento enquanto alternativa de desenvolvimento sustentável, 2021. Relatório Técnico Científico-Programa de Pós Graduação Strictu Senso em Tecnologia, Ambiente e Sociedade (PPGTAS) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

INFLUENCE OF STRANDS LENGTH FOR WOOD STRUCTURAL ELEMENTS FOR USE IN CIVIL CONSTRUCTION

ABSTRACT

Engineered wood products stand out in the international market as interesting alternatives for replacing solid wood in various applications, whether in the furniture and packaging industry, or in civil construction. Aiming at the rational use of raw material from the most responsible use of wood, industrialized products appear that are promising, especially regarding sustainability, whether regarding the use of reforestation wood as well as the application of less aggressive adhesives to man and the environment. environment. The present study evaluated the structural performance of panels produced with wood chips in three different lengths, aiming to evaluate their mechanical performance for application in civil construction with beam elements. The panels produced are marketed under the names OSB (Oriented Strand Lumber), OSL (Oriented Strand Lumber) and LSL (Laminated Strand Lumber). For the production of all panels, polyurethane adhesive based on castor oil was used, consolidated under the action of heat and pressure. Mechanical tests were performed to determine the strength and stiffness in static bending according to normative document EN 310 (2006). High strength and stiffness results were obtained for the three variations studied and it can be concluded that the increase in the length of the chips provides panels with better structural performance for application in civil construction, verifying better performance for LSL panels.

Keywords: *OSB, OSL, LSL, mechanical characterization.*