

RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO NA LINHA DE COLA EM ‘MADEIRA LAMELADA COLADA DE *Trattinnickia Burserifolia* Mart.

Shear strength analysis of the bond line in Glulam of *Trattinnickia burserifolia* Mart

Camilla Silva e Carvalho¹, Lauro Siebert Silva², Matheus Teixeira da Silva Stefane³, Eduardo Schneid⁴

¹Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, Brasil – camilla.carvalho1@sou.ufmt.br

²Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, Brasil – lauro.silva2@ufmt.br

³Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, Brasil – matheus.stefane@sou.ufmt.br

⁴Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, Brasil – eduardo.schneid@ufmt.br

RESUMO

O presente estudo avaliou a aplicação da madeira nativa de amescla (*Trattinnickia burserifolia* Mart.) na fabricação de madeira lamelada colada (MLC), com o objetivo de comparar a resistência ao cisalhamento na linha de cola em função de diferentes adesivos e pressões de prensagem. Foram realizados quatro tratamentos com seis repetições cada: T1 (0,8 MPa; PVAc), T2 (1,2 MPa; PVAc), T3 (0,8 MPa; PUR) e T4 (1,2 MPa; PUR). Foram determinados o teor de umidade, a densidade aparente, a resistência ao cisalhamento na linha de cola e a porcentagem de falha na madeira e na linha de cola. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os valores médios de teor de umidade e densidade aparente não apresentaram diferença estatística significativa entre os tratamentos. Da mesma forma, não houve diferença significativa para a resistência ao cisalhamento na linha de cola, cujas médias variaram entre 6,66 MPa e 7,29 MPa. Observou-se predominância de falhas na madeira, indicando desempenho satisfatório da linha de cola. Contudo, os tratamentos submetidos à pressão de 1,2 MPa apresentaram maior porcentagem de falha na linha de cola em comparação aos tratamentos prensados a 0,8 MPa. Conclui-se que a MLC de amescla apresentou desempenho satisfatório quanto à resistência ao cisalhamento na linha de cola nas condições avaliadas, demonstrando potencial para aplicação tecnológica.

PALAVRAS-CHAVE: Madeira tropical, Acetato de polivinila, Poliuretano monocomponente, qualidade de colagem.

ABSTRACT

This study evaluated the application of Amescla wood (*Trattinnickia burserifolia* Mart.) in the manufacture of glued laminated timber (Glulam), aiming to compare the glue-line shear strength as a function of different adhesives and pressures. Four treatments, with six specimens each, were evaluated: T1 (0.8 MPa; PVAc), T2 (1.2 MPa; PVAc), T3 (0.8 MPa; PUR), and T4 (1.2 MPa; PUR). Moisture content, apparent density, glue-line shear strength, and the percentages of wood failure and glue-line failure were determined. Data were subjected to analysis of variance and mean comparison tests at a 5% significance level ($p < 0.05$). Mean moisture content and apparent density values did not show statistically significant differences among treatments. Likewise, no significant differences were observed for glue-line shear strength, with mean values between 6.66 MPa and 7.29 MPa. A predominance of wood failure was observed, indicating satisfactory performance of the glue-line. However, treatments pressed at 1.2 MPa showed a higher percentage of glue-line failure compared to those pressed at 0.8 MPa. It was concluded that Amescla Glulam exhibited satisfactory performance regarding glue-line shear strength under the evaluated conditions, demonstrating potential for technological applications.

KEYWORDS: Tropical wood, polyvinyl acetate, one-component polyurethane, Bond line quality

INTRODUÇÃO

A madeira lamelada colada (MLC) é um produto estrutural obtido pela colagem, sob pressão, de lamelas com fibras paralelas, possibilitando peças de grandes dimensões, alta relação resistência–peso e liberdade arquitetônica. Guias técnicos de projeto, fabricação e controle de qualidade para esse tipo de painel ressaltam que o desempenho final depende fortemente dos parâmetros de colagem (SWEDISH WOOD, 2024).

Apesar do avanço em diferentes espécies e produtos como o *laminated veneer lumber* (LVL), madeira lamelada colada cruzada (MLCC) e madeira lamelada cruzada (MLC), há escassez de estudos para MLC de amescla (*Trattinnickia burserifolia* Mart). Essa lacuna limita recomendações de processo para a espécie e a adoção de adesivos livres de formaldeído em MLC.

No Brasil, a avaliação da qualidade da colagem em elementos de MLC está normatizada pela ABNT NBR 7190-6:2022 (ABNT, 2022), que especifica métodos de delaminação, cisalhamento nas linhas de cola, tração em emendas denteadas e medição do adesivo espalhado, com vistas à comparabilidade entre materiais, adesivos e processos (ABNT, 2022).

Quanto aos adesivos livres de formaldeído mais usuais para elementos colados, destacam-se o acetato de polivinila (PVAc) e o poliuretano monocomponente (PUR), cujo desempenho de cisalhamento é influenciado por fatores como espécie, umidade e textura superficial. A umidade da madeira, por exemplo, altera significativamente a resistência das juntas coladas com esses adesivos (BOMBA et al., 2014). Em madeiras de média densidade (0,5 a 0,8 g/cm³), estudos comparativos mostram que o resultado depende da combinação entre espécie, preparo da superfície e histórico de solicitações mecânicas (GAŠPARÍK et al., 2017). No caso específico do PVAc, características da madeira como densidade, pH, teor de extrativos e molhabilidade afetam a adesão e ajudam a explicar variações observadas entre espécies (IŽDINSKÝ et al., 2021).

A pressão de prensagem é um aspecto determinante para o contato entre superfícies, a espessura efetiva da linha de cola e a mobilização do adesivo na microestrutura da madeira. Em painéis de camadas cruzadas, pressões inadequadas reduziram a resistência e a durabilidade das juntas, enquanto níveis mais elevados, ajustados à espécie e ao acabamento, mitigaram delaminações após ciclos de umidade (SIKORA et al., 2016). Em estudos nacionais baseados na NBR 7190-6:2022 (ABNT, 2022), a pressão de colagem, em conjunto com gramatura do adesivo e tempo

de prensagem, mostrou efeito significativo sobre delaminação e cisalhamento da linha de cola em MLC (GOMES et al., 2025). Em espécies tropicais amazônicas, a maior densidade está associada a maiores resistências de cisalhamento de linha de cola, sugerindo a necessidade de pressões mais altas para juntas de melhor desempenho (PIMENTEL et al., 2021).

A madeira de amescla já demonstrou desempenho satisfatório na produção de painéis laminados. Em condições industriais, foram fabricados painéis compensados e *laminated veneer lumber* (LVL) utilizando lâminas da espécie coladas com resina fenol-formaldeído. Os resultados obtidos por Mendoza et al. (2017) evidenciaram que o LVL apresentou maiores valores de resistência ao cisalhamento, além de módulo de ruptura (MoR) e módulo de elasticidade (MoE) superiores aos observados para o compensado, indicando boa adesibilidade da espécie e potencial para aplicações estruturais em produtos colados. Embora o LVL e a madeira lamelada colada (MLC) sejam produtos distintos, ambos apresentam concepção estrutural semelhante, caracterizada pela utilização de elementos de madeira colados com fibras orientadas paralelamente. Dessa forma, os resultados obtidos para o LVL reforçam o potencial da madeira de amescla para aplicação na produção de MLC.

Considerando as características tecnológicas da madeira de amescla e os parâmetros que influenciam a colagem de madeira, parte-se da hipótese de que a resistência ao cisalhamento da linha de cola em elementos de madeira lamelada colada (MLC) seja influenciada pelo tipo de adesivo empregado e pela pressão de prensagem aplicada durante a fabricação. Adicionalmente, pressupõe-se que o aumento da pressão de prensagem possa contribuir para o incremento da resistência média ao cisalhamento e da porcentagem de falha na madeira. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo comparar a resistência ao cisalhamento na linha de cola em função de diferentes adesivos e pressões de prensagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Preparo das lamelas

As peças de madeira lamelada colada (MLC) foram confeccionadas utilizando madeira de amescla (*Trattinnickia burserifolia* Mart.), obtida no comércio madeireiro do município de Sinop, Mato Grosso. Inicialmente, foram selecionadas três peças de madeira serrada com dimensões aproximadas de 25 × 100 × 2000

mm (espessura × largura × comprimento). Previamente à fabricação da MLC, realizou-se inspeção visual das peças, visando assegurar a ausência de defeitos que pudessem comprometer a qualidade da colagem, tais como rachaduras, nós e defeitos decorrentes do processo de secagem.

Posteriormente, as peças foram submetidas ao processamento em plaina desengrossadeira, com o objetivo de padronizar a espessura em 20 mm e promover melhor acabamento superficial para a colagem. Em seguida, cada peça foi seccionada em seis lamelas, obtendo-se elementos com dimensões finais de 20 × 50 × 400 mm (espessura × largura × comprimento).

Tratamentos

Ao todo foram realizados 4 tratamentos diferentes e para cada tratamento foram utilizados 6 corpos de prova. Os tratamentos foram realizados variando o tipo de cola (PVAc-resistente à água e PUR) e pressões (0,8 MPa e 1,2 MPa), sendo eles: Tratamento 1 (T1) utilizando o adesivo PVAc e pressão de 0,8 MPa; tratamento 2 (T2) utilizando o adesivo PVAc e pressão de 1,2 MPa; tratamento 3 (T3) utilizando adesivos PUR com pressão de 0,8 MPa; e tratamento 4 (T4) adesivo PUR com pressão de 1,2 MPa.

Os adesivos utilizados foram o PUR TEKBOND (adesivo monocomponente à base de poliuretano D4) e o PVA-c TiteBond Ultimate III (adesivo monocomponente à base Acetato de Polivinila ANSI/HPVA Tipo I).

Processo de confecção das MLC

Em cada peça de MLC foram utilizadas duas lamelas. Para a colagem foi utilizado a mesma gramatura de 200 g/m² entre os tratamentos. A massa de adesivo necessária foi obtida através da Equação 1, considerando a área de 0,02 m² e pesada com auxílio de balança analítica com precisão 0,01 g. O adesivo foi aplicado diretamente sobre uma das faces de apenas uma lamela (linha de cola simples) e espalhada de forma uniforme na superfície com uma espátula. Após a união das duas lamelas, a peça de MLC foi levada a uma prensa hidráulica manual por 24 h em local com temperatura de 21 °C.

A gramatura do adesivo e o tempo de prensagem adotados foram definidos com base nas recomendações dos fabricantes, em estudos reportados na literatura (TRIANOSKI *et al.*, 2020; BIANCHE *et al.*, 2017) e nos procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR 7190-6 (ABNT, 2022).

$$G = \frac{m}{A} \quad (1)$$

Onde: G = gramatura do adesivo (g/m²); m = massa (g); A = área (m²).

Teor de umidade e densidade aparente

Antecedendo o teste de cisalhamento na linha de cola foi mensurada a densidade aparente das lamelas. As dimensões de cada lamela foram obtidas com auxílio de paquímetro digital e após pesadas em balança. Já o teor de umidade de cada corpo de prova foi obtido após o teste de cisalhamento na linha de cola. Para isso, os corpos de prova foram pesados e em seguida colocados em uma estufa de secagem a temperatura de 103±2 °C até atingirem massa constante. Depois de secos, os corpos de prova foram novamente pesados. A densidade aparente e o teor de umidade foram calculados pelas equações 2 e 3, respectivamente.

$$\rho_{ap} = \frac{m}{v} \quad (2)$$

$$TU = \left(\frac{mu - ms}{ms} \right) \times 100 \quad (3)$$

Onde: ρ_{ap} = densidade aparente (g/cm³), m = massa (g); v = volume (cm³); TU = teor de umidade (%); mu = massa úmida (g); ms = massa seca (g).

Ensaio de cisalhamento na linha de cola

O corpo de prova para o ensaio de cisalhamento foi adaptado da ABNT NBR 7190-6:2022 (ABNT, 2022), devido aos instrumentos disponíveis no laboratório (Figura 1). De cada peça de MLC foram retirados dois corpos de prova.

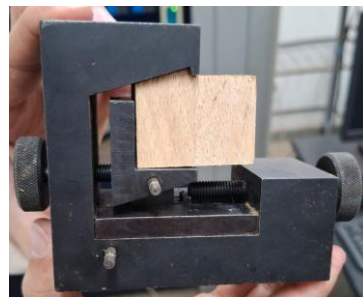


Figura 1. Corpo de prova posicionado no suporte da máquina universal de ensaios.

O ensaio de cisalhamento foi realizado em máquina universal de ensaios modelo WDW 300, sob carregamento monotônico, com velocidade de aplicação de 2 mm.min⁻¹.

Após a ruptura dos corpos de prova, registrou-se a carga máxima aplicada durante o ensaio. A área de cisalhamento de cada corpo de prova foi determinada com auxílio de paquímetro digital, permitindo o cálculo da resistência ao cisalhamento por meio da Equação 4.

$$f_{v0} = \frac{F_{v0,máx}}{b.t} \quad (4)$$

Onde: f_{v0} = resistência ao cisalhamento da linha de cola (MPa); $F_{v0,máx}$ = força máxima cisalhante (N); b = largura do corpo de prova (mm) e t = altura do corpo de prova (mm).

Após o ensaio, com um cinzel, as peças foram separadas na linha do rompimento para visualizar se o cisalhamento ocorreu na linha de cola ou nas fibras da madeira.

Para avaliar a porcentagem de ruptura na linha de cola foi utilizado o *software ImageJ*. A partir da análise da imagem (Figura 2), foi medida a área total de colagem e a área de ruptura na linha de cola, como a linha de cola não apresentou coloração, para ajudar na visualização a área de ruptura foi destacado com uma caneta esferográfica. Para o cálculo da porcentagem de falha na madeira foi utilizado a Equação 5.

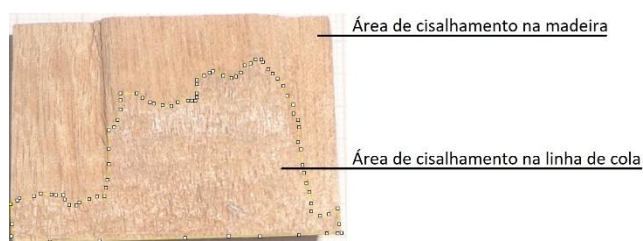


Figura 2. Análise da porcentagem de ruptura na cola no *software ImageJ*.

$$R_{mad} = \left(\frac{\sum At - \sum Ac}{\sum At} \right) \cdot 100 \quad (5)$$

Onde: R_{mad} = porcentagem de ruptura por cisalhamento na madeira (%); $\sum At$ = somatório de área total (cm²); $\sum Ac$ = somatório de área de ruptura na cola (cm²).

Análise estatística

As médias do teor de umidade, densidade aparente e resistência ao cisalhamento na linha de cola foram comparadas entre os tratamentos por meio do teste ANOVA com 5% de probabilidade de erro e em caso de

rejeição da hipótese nula, aplicou-se o teste de hipóteses Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro ($p \leq 0,05$) (MONTGOMERY & RUNGER, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 apresentam-se os valores de teor de umidade (TU), densidade aparente (ρ_{ap}) e resistência ao cisalhamento na linha de cola (f_{v0}).

Tabela 1. Propriedades físicas e mecânicas dos corpos de prova de MLC.

Trat.	T.U. (%)	ρ_{ap} (g/cm ³)	f_{v0} (MPa)
1	9,03 (0,20) a	0,576 (0,085) a	7,29 (1,34) a
2	9,12 (0,41) a	0,592 (0,057) a	7,07 (0,91) a
3	9,30 (0,27) a	0,584 (0,052) a	6,66 (0,78) a
4	9,16 (0,29) a	0,597 (0,094) a	6,83 (1,28) a

Em que: letras minúsculas iguais na mesma coluna não apresentam diferença estatisticamente significativa; valores entre parênteses representam o desvio padrão.

Observa-se que o teor de umidade e densidade não apresentaram diferença estatística significativa a nível de 95% de confiança entre os tratamentos. Dessa forma, os resultados indicam que não foi detectado efeito significativo desses parâmetros sobre a resistência ao cisalhamento na linha de cola nas condições avaliadas. Ademais, a resistência ao cisalhamento também não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos.

As médias de resistência ao cisalhamento apresentaram valores semelhantes entre os tratamentos. Os coeficientes de variação (CV) obtidos foram de 18,38%, 12,87%, 11,71% e 20,06% para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente. De acordo com a classificação proposta por Pimentel Gomes (2002), os tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram variabilidade média, enquanto o tratamento T4 apresentou variabilidade alta. Apesar dessa variação, os resultados indicam adequada consistência experimental, uma vez que não foram observadas diferenças estatísticas significativas na resistência ao cisalhamento entre os tratamentos. Dessa forma, nas condições avaliadas, a variação da pressão de prensagem entre 0,8 e 1,2 MPa e a utilização dos adesivos PVAc e PUR não promoveram efeito significativo sobre o desempenho mecânico da linha de cola.

A partir dos testes de cisalhamento na linha de cola, calculou-se a porcentagem de ruptura na madeira (R_{mad}) e foram totalizados os corpos de prova que apresentaram alguma falha na cola. Esses resultados são apresentados na

Tabela 2.

Tabela 2: Percentual médio de ruptura na madeira em cada tratamento.

Trat.	R_{mad}	CPs com ruptura na cola*
1	96,29	2
2	76,07	3
3	75,62	5
4	69,45	4

*Corpos de prova que apresentaram porcentagem de ruptura na cola e não somente na madeira.

Em relação à porcentagem de rompimento, os valores médios demonstram que a falha predominante ocorreu no substrato de madeira em todos tratamentos. Isso é um indicativo da eficiência da ligação, uma vez que adesivos eficientes tendem a transferir a ruptura para o material do substrato (madeira).

Devido a isso, as médias das resistências ao cisalhamento na linha de cola em todos tratamentos foram próximos aos reportados na literatura para a madeira de amescla. De acordo com o IPT (2009), a resistência ao cisalhamento da madeira da amescla a 12% de teor de umidade é de 8,2 MPa.

Na Figura 3, observam-se corpos de prova dos tratamentos que apresentaram maior porcentagem de falha no adesivo. Esses resultados indicam que a interface adesivo-madeira constituiu um ponto vulnerável sob cisalhamento. Esse tipo de falha é considerado indesejável, pois sinaliza que a adesão não foi suficiente para superar a resistência do substrato. Dunky (2003) associa falhas interfaciais a limitações no processo de colagem, como cura inadequada ou penetração insuficiente do adesivo, enquanto Hänsel et al. (2022) reforçam que a linha de cola frequentemente se torna o ponto crítico quando as condições de prensagem não são otimizadas.

Especificamente para o adesivo PVAc, as falhas observadas na linha de cola podem estar relacionadas à sua natureza termoplástica e à maior sensibilidade à umidade, conforme relatado por Bohn (1995). Para o adesivo PUR, também foram observadas falhas interfaciais. Entretanto, verificou-se a permanência de adesivo aderido às fibras da madeira, indicando maior interação entre o adesivo e o substrato. Esse comportamento pode estar associado às condições de cura do adesivo, especialmente ao teor de umidade da madeira, conforme discutido por Cunha & Matos (2011) e Chiniforush et al. (2019).

Nos tratamentos 1 e 2, onde foram utilizados o adesivo PVAc, exibiram predominantemente falha coesiva na

madeira, ou seja, a ruptura ocorreu no substrato e não na linha de cola. Esse padrão é considerado ideal para colagens estruturais, pois demonstra que a resistência da junta colada é igual ou superior à da madeira em si. A normativa EN 14080 (2013) estabelece esse tipo de falha como referência de qualidade, e resultados similares foram reportados por Bianche et al. (2017) em condições adequadas de colagem.

Comparando as pressões aplicadas, observa-se que os tratamentos submetidos a 0,8 MPa apresentaram ruptura predominantemente na madeira, enquanto aqueles submetidos a 1,2 MPa apresentaram maior ocorrência de falhas interfaciais. Entretanto, considerando que não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, esses resultados devem ser interpretados com cautela, não sendo possível afirmar efeito significativo da pressão de prensagem sobre o desempenho da colagem nas condições avaliadas. Esse achado corrobora com estudos de Carrasco et al. (2012) e Icimoto et al. (2016), que destacam a influência crítica da pressão de prensagem na qualidade final da colagem.



Figura 3. Corpos de prova dos tratamentos após o ensaio de cisalhamento na linha de cola.

A madeira de amescla apresentou comportamento homogêneo e adequado para uso em madeira lamelada colada. A ausência de diferenças estatísticas significativas entre pressões e adesivos, combinada com a predominância de falhas na madeira na pressão de 0,8 MPa, indica desempenho adequado da colagem nas condições avaliadas. A escolha entre parâmetros pode, portanto, ser orientada por critérios de eficiência operacional, custo ou consumo energético, sem prejuízo ao desempenho estrutural final, uma vez que ambos os adesivos atenderam aos requisitos normativos.

CONCLUSÕES

A resistência ao cisalhamento da linha de cola em MLC de amescla não apresentou diferenças estatísticas significativas entre os adesivos PVAc e PUR, nem entre as pressões de prensagem avaliadas. Os resultados indicam desempenho adequado da colagem nas condições estudadas. Observou-se predominância de falha na madeira nos tratamentos com menor pressão (0,8 MPa), enquanto maiores pressões (1,2 MPa) estiveram associadas a maior incidência de falhas na linha de cola, sugerindo influência dos parâmetros de prensagem na qualidade da interface adesiva.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190-6:2022** – Projeto de estruturas de madeira – Parte 6: Métodos de ensaio para caracterização de madeira lamelada colada estrutural. Rio de Janeiro, 2022.
- BIANCHE, J. J. et al. Cisalhamento na linha de cola de Eucalyptus sp. colado com diferentes adesivos e diferentes gramaturas. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-9, 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.077114>
- BOHN, A. R. **Influência da espessura das lâminas e da cola na madeira laminada colada**. 1995. 90 f. (Dissertação de mestrado).
- BOMBA, J. et al. Influence of moisture content on the bond strength and water resistance of bonded wood joints. **BioResources**, v. 9, n. 3, p. 5208-5218, 2014. <https://doi.org/10.15376/biores.9.3.5208-5218>
- CARRASCO, E. V. M. et al. Structural behavior evaluation of Brazilian glulam wood sleepers when submitted to static load. **Construction and Building Materials**, v. 26, n. 1, p. 334-343, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.06.031>
- CHINIFORUSH, A. A. et al. Moisture and temperature induced swelling/shrinkage of softwood and hardwood glulam and LVL: an experimental study. **Construction and Building Materials**, v. 207, p. 70-83, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.114>
- CUNHA, A. B. da; MATOS, J. L. M. de. Avaliação da rigidez de vigas estruturais de madeira laminada colada unidas por adesivo poliuretano. **CERNE**, v. 17, n. 4, p. 593-600, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602011000400019>
- DUNKY, M. Adhesives in the wood industry. In: PIZZI, A.; MITTAL, K. L. (Eds.). *Handbook of adhesive technology*. Boca Raton: CRC Press, 2003.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 14080**: timber structures: glued laminated timber and glued solid timber: requirements. Brussels, 2013.
- GAŠPARÍK, M. et al. Shear bond strength of two-layered hardwood strips bonded with polyvinyl acetate and polyurethane adhesives. **BioResources**, v. 12, n. 1, p. 495-513, 2017. <https://doi.org/10.15376/biores.12.1.495-513>
- GOMES, N. B. et al. Análise dos parâmetros de fabricação de elementos de madeira lamelada colada na resposta da qualidade de colagem com base na NBR 7190-6. **Ambiente Construído**, v. 25, e140159, 2025. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212025000100786>
- HÄNSEL, A. et al. Selected previous findings on the factors influencing the gluing quality of solid wood products in timber construction and possible developments: a review. **Wood Material Science and Engineering**, v. 17, n. 3, p. 230-241, 2022. <https://doi.org/10.1080/17480272.2021.1925963>
- ICIMOTO, F. H. et al. Influence of lamellar thickness on strength and stiffness of glued laminated timber beams of Pinus oocarpa. **International Journal of Materials Engineering**, v. 6, n. 2, p. 51-55, 2016. <https://doi.org/10.5923/j.jjme.20160602.05>
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. 2 ed. São Paulo: IPT, 2009, 103p.
- IŽDINSKÝ, J. et al. Bonding of selected hardwoods with PVAc adhesive. **Applied Sciences**, v. 11, n. 1, p. 67, 2021. <https://doi.org/10.3390/app11010067>
- MENDOZA, Z. M. S. H. et al. Estudo comparativo das propriedades físicas e mecânicas de painéis compensados e LVL produzidos com lâminas de madeira de amescla (Trattinnickia burserifolia). **Nativa**, v. 5 (esp.), p. 588-593, 2017. <https://doi.org/10.5935/2318-7670.V05NESP19>
- MONTGOMERY, D.C., RUNGER, G.C. **Applied statistics and probability for engineers**. Wiley: New York, 2003.
- PIMENTEL, T. S. et al. Resistência ao cisalhamento da linha de cola em madeiras tropicais amazônicas. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 132, e3753, 2021. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n132.19>
- PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H, **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**, Piracicaba: FEALQ, 2002.
- SIKORA, K. S. et al. Shear strength and durability testing of adhesive bonds in cross-laminated timber. **Journal of Adhesion**, v. 92, n. 7-9, p. 758-777, 2016. <https://doi.org/10.1080/00218464.2015.1094391>
- SWEDISH WOOD. The Glulam Handbook. Volume 1: Facts about glulam and planning guidance. Stockholm: **Swedish Wood**, 2024. p. 6-11.
- TRIANOSKI et al. Qualidade das juntas coladas com acetato de polivinila e resorcina-formaldeído. **Madera y Bosques**, v. 26, n. 3, e2632064, 2020. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2632064>