

Propriedades tecnológicas da madeira de *Liquidambar styraciflua* aos 8 anos

Karina Soares Modes¹, Arielle Kathyelen de Oliveira¹, Tarcisio Francisco de Camargo²,
Bruna Eduarda Appel¹, Magnos Alan Vivian¹

¹ Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Curitiba/SC, Brasil; ² Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages/SC, Brasil – karina.modes@ufsc.br

Resumo: No Brasil as florestas plantadas de pinus e eucalipto são responsáveis por fornecer a quase totalidade da madeira utilizada para fins industriais, tornando o setor dependente de poucas espécies. Na busca por alternativas madeireiras o estudo objetivou caracterizar a madeira de *Liquidambar styraciflua* aos 8 anos quanto às propriedades físicas, mecânicas e de resistência natural a partir de discos da base, DAP e do torete gerado entre estas posições. Observaram-se os seguintes valores: densidade básica (480 kg/m³), densidade verde (1.120 kg/m³), a 12% (610 g/cm³), 0% (570 kg/m³), contração volumétrica (16,46%), tangencial (11,27%), radial (4,30%), coeficiente de anisotropia (2,66), resistência (72,65 MPa), rigidez (7.796,52 MPa) em flexão estática e resistência (12,38 MPa) ao cisalhamento. A perda de massa da madeira pelo fungo *P. sanguineus* foi de 18,59%, com classificação resistente. A madeira avaliada necessita de cuidados específicos na secagem e pode ser utilizada em ambiente externo em contato com o solo.

Palavras-chave: Espécie potencial, Densidade, Cisalhamento, Flexão estática, Resistência natural.

Tecnological properties of *Liquidambar styraciflua* wood at 8 years

Abstract: In Brazil, planted pine and eucalyptus forests are responsible for providing almost all of the wood used for industrial purposes, making the sector dependent on a few species. In the search for timber alternatives, the study aimed to characterize the wood of *Liquidambar styraciflua* at 8 years old in terms of physical, mechanical and natural resistance properties using base discs, DBH and the log generated between these positions. The following values were observed: basic density (480 kg/m³), green density (1,120 kg/m³), 12% (610 kg/m³), 0% (570 kg/m³), volumetric shrinkage (16.46%), tangential (11.27%), radial (4.30%), anisotropy coefficient (2.66), resistance (72.65 MPa), stiffness (7,796.52 MPa) in static bending and resistance (12.38 MPa) to shear. The loss of wood mass by the fungus *P. sanguineus* was 18.59%, with resistant classification. The evaluated wood requires specific care when drying and can be used outdoors in contact with the ground.

Keywords: Potential species, Density, Shear, Static bending, Natural resistance.

1. INTRODUÇÃO

Em 2021, a área total de árvores plantadas totalizou 9,93 milhões de hectares, dos quais, 75,8% da área foi composta pelo cultivo de eucalipto, com 7,53 milhões de hectares, e 19,4% de pinus, com aproximadamente 1,93 milhão de

hectares (IBÁ, 2022). Segundo a mesma fonte, do total de 1,03 milhões de hectares plantados no estado de Santa Catarina, a maior parte, 710 mil hectares, são compostos por plantios do gênero *Pinus* e 320 mil por espécies de *Eucalyptus* não estando computada no total do estado, em função da pouca expressividade, a existência de áreas com outras espécies. Assim, pesquisas com a investigação das características resultantes da madeira de espécies alternativas em crescimento no estado de SC, aliado às informações de incremento volumétrico, é uma forma de verificar o potencial das mesmas para fornecimento de madeira em quantidade e qualidade para abastecimento de diferentes nichos em escala industrial, sejam essas características resultantes ou não de programas de melhoramento genético.

Nesse contexto, o liquidambar (*Liquidambar styraciflua*) é uma espécie arbórea, folhosa, de ampla distribuição natural no sul e sudeste dos Estados Unidos, estendendo-se, também, para o México e a América Central (Kormanik, 1990 *apud* Shimizu; Spir, 2004), sendo considerada nos locais de origem de alta qualidade para usos gerais em construções, marcenaria e industrialização por apresentar textura uniforme, dureza, densidade média e facilidade de ser polida (Shimizu; Spir, 2004). No Brasil o liquidambar já mostrou ser uma espécie alternativa valiosa para plantios florestais no sudoeste do Paraná, tendo sido registrada uma produtividade de madeira em torno de $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Kormanik, 1990 *apud* Shimizu; Spir, 2004).

Mattos *et al.* (2001) relatam a falta de informações em plantios experimentais com a espécie no Brasil, principalmente quanto às características da madeira, sendo que os poucos estudos sobre a espécie informam que esta tem grande adaptação no sul e sudeste do País, e grande aproveitamento madeireiro. Contudo, de acordo com Munoz (1992) *apud* Mattos *et al.* (2001), novos estudos devem ser feitos sobre as formas de plantio, a qualidade da madeira e o melhoramento genético, por se tratar de uma espécie com grande potencial para programas desse tipo.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar as propriedades físicas, mecânicas e a resistência natural da madeira de *Liquidambar styraciflua*, em crescimento no estado de Santa Catarina a fim de delinear o seu potencial aos 8 anos como fonte de matéria-prima para a produção de madeira serrada de pequenas dimensões e qualidade estrutural.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta e preparo do material

Para o presente estudo foram amostradas 5 árvores da espécie *Liquidambar styraciflua* (*L. styraciflua*) aos 8 anos de idade, provenientes de um estudo com clones da espécie, existente na Área Experimental Florestal (AEF) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no município de Curitibaanos-SC. De cada árvore amostrada foi extraído 1 disco da base para a caracterização da resistência natural e 1 disco da posição correspondente ao DAP, com espessura de 7,0 cm, para condução dos ensaios físicos, bem como toretes de 1,3 m de comprimento, removidos entre a posição da base e do DAP para a caracterização mecânica da madeira.

2.2 Determinação das propriedades físicas

As propriedades físicas avaliadas foram densidade básica, densidade da madeira verde, densidade aparente a 12% e a 0% de umidade, bem como as contrações e coeficientes de retratibilidade linear (tangencial e radial) e volumétrico, e o coeficiente de anisotropia para contração. Para isso, foram confeccionados corpos de prova bem orientados de dimensões de 2,0 x 3,0 x 5,0 cm (tangencial x radial x longitudinal), desde a região mais próxima à casca em direção à medula, que tiveram demarcados seus 3 sentidos anatômicos para a determinação da contração sempre no mesmo ponto. As dimensões do material e procedimentos de avaliação seguiu o recomendado pela norma brasileira NBR 7190 (ABNT, 2022).

2.3 Determinação das propriedades mecânicas

Os ensaios mecânicos foram conduzidos em uma máquina universal de ensaios mecânicos com a capacidade de 30 ton. Para determinação da resistência (módulo de ruptura) e rigidez (módulo de elasticidade) ao ensaio de flexão estática foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 2,0 x 2,0 x 30,0 cm (radial x tangencial x longitudinal) de acordo com a norma 555 da Comissão Panamericana de Normas Técnicas (COPANT, 1973). Para o ensaio de

cisalhamento paralelo às fibras foram utilizados corpos de prova de dimensões de 5,0 x 5,0 x 6,3 cm, sendo a última dimensão no sentido longitudinal, seguindo a recomendação da norma D-143 da American Society of Testing and Materials (ASTM, 1994) com a carga aplicada paralelamente a grã nas faces tangencial aos anéis de crescimento e paralelo ao raio.

2.4 Determinação da resistência natural

Para esta avaliação foram confeccionados 15 corpos de prova de dimensão 2,5 x 2,5 x 0,9 cm, sendo a última dimensão no sentido da grã, destes, 10 corpos de prova foram postos em contato com o fungo *Pycnoporus sanguineus* (*P. sanguineus*) e o restante utilizado como blocos controle, para correção da perda de massa não atribuída ao apodrecimento causado pela degradação biológica. Antes do ensaio os corpos de prova foram acondicionados em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 50°C até atingirem massa constante para determinação da massa inicial, procedimento que foi repetido decorrido o período de 16 semanas após o período de exposição para determinação da massa final. O dimensionamento dos corpos de prova, condução do ensaio e classificação da resistência natural da madeira seguiu o preconizado pela norma americana ASTM D 2017 (1994).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades físicas

Os valores médios para as propriedades físicas da madeira de *L. styraciflua* aos 8 anos de idade estão listados na tabela 1.

Tabela 1. Valores referentes às propriedades físicas.

Propriedade	Parâmetro	Média
Densidade aparente (kg/m ³)	Verde	1.120 (5,0)
	12% de umidade	610 (6,0)
	0% de umidade (Anidra)	570 (6,0)
Densidade (kg/m ³)	Básica	480 (6,0)
Contração total (%)	Volumétrica	16,46
		(12,0)

	Tangencial	11,27 (5,0)
	Radial	4,30 (25,0)
Coeficiente de retratibilidade (contração)	Volumétrica	0,50 (10,0)
	Tangencial	0,30 (6,0)
	Radial	0,16 (7,0)
Coeficiente de Anisotropia total	Contração	2,66 (14,0)

Valores entre parênteses se referem ao coeficiente de variação, em %.

Verifica-se que a madeira apresentou um valor médio de densidade básica na região do DAP de 480 kg/m³, que a classifica como de média densidade, de acordo com a International Association of Wood Anatomists Committee (IAWA, 1989). A densidade básica equivalente foi encontrada por Freitas *et al.* (2015) (480 kg/cm³), para madeira de mesmo gênero e idade, cultivada no Espírito Santo. As densidades verde e básica registradas foram próximas às observadas por Almeida (2002) para clones de *Eucalyptus* na idade de 9 anos, com valores de 1.030 kg/m³, e 490 kg/m³, respectivamente.

O coeficiente de anisotropia total obtido permite classificar a madeira avaliada como de qualidade ruim, segundo classificação de Durlo e Marchiori (1992) para valores acima de 2,0, ou seja, apresenta uma maior propensão a apresentar defeitos de secagem. Em pesquisa com *L. styraciflua* aos 8 anos, Freitas *et al.* (2015) observaram para madeira de mesma densidade básica, valores médios superiores ao do presente estudo para a contração volumétrica, tangencial e radial, com percentuais de 21,79%, 15,24% e 5,43% respectivamente, além de um coeficiente de anisotropia de 2,77, o que demonstra a maior qualidade da madeira avaliada.

Batista *et al.* (2010) observaram para *E. saligna* e *E. grandis* de densidade básica próxima (460 kg/m³ e 450 kg/m³, respectivamente) aos 11 anos, valores de 15,16%, 9,86% e 5,03% e de 14,10%, 9,25% e 4,60% para a contração volumétrica, tangencial e radial, respectivamente, bem como um coeficiente de anisotropia para as espécies de 2,06 e 2,05. Portanto, embora a densidade básica das madeiras utilizadas para comparação tenha sido equivalente à da madeira de *L. styraciflua*, observa-se a uma menor estabilidade dimensional para esta última.

3.2 Propriedades mecânicas

Os valores médios para as propriedades mecânicas da madeira de *L. styraciflua* aos 8 anos de idade estão listados na tabela 2.

Tabela 2. Valores referentes à rigidez (MOE) e resistência (MOR) ao ensaio de flexão estática e resistência ao cisalhamento paralelo à grã.

	MOE	MOR	DA ¹	Resistência	DA ²
	(MPa)		(kg/m ³)	(MPa)	(kg/m ³)
Mínimo	6.358,61	50,11	560	6,55	480
Média	7.796,52	72,65	620	12,38	520
Máximo	9.981,96	90,74	700	14,95	560
CV (%)	12,0	11,0	6,0	15	5

MOE = Módulo de elasticidade. MOR= Módulo de ruptura.¹ = Densidade aparente a 12% de umidade dos corpos de prova submetidos ao ensaio de flexão estática. ² = Densidade aparente a 12% de umidade dos corpos de prova submetidos ao ensaio de cisalhamento paralelo à grã.

Para o MOE o valor médio obtido foi um pouco superior ao relatado por Freitas *et al.* (2015) (7.652,7 MPa) para a mesma espécie a uma densidade a 12% inferior (550 kg/m³), já no que concerne ao MOR o verificado nesse estudo foi inferior aos 101,60 MPa verificado pelos mesmos autores.

Comparando os resultados obtidos para o ensaio de flexão estática com o já observado para a madeira de eucalipto em idade próxima (10 anos), como a avaliada no estudo de Haselein *et al.* (2002), observa-se que a madeira de *L. styraciflua* apresentou média muito próxima para resistência e inferior para rigidez, uma vez que os autores verificaram para a madeira de *E. saligna* MOR médio de 72,14 MPa e MOE de 9.267,28 MPa, este último superior em 15,87%.

Quanto à resistência ao cisalhamento já observado para a madeira da mesma espécie, Lima *et al.* (2015) verificaram uma resistência média de 7,5 MPa aos 24 anos, portanto aos 8 anos a resistência observada foi 65% superior a encontrada por esses autores. Em comparação ao eucalipto, a madeira de *L. styraciflua* apresenta resistência equivalente mesmo com menor densidade. Rodrigues (2002) verificou uma resistência ao cisalhamento para *E. grandis* de 12,58 MPa a uma densidade a 12% de 670 kg/m³ e Matos e Molina (2016) com *E. saligna* de densidade a 12% de 740 kg/m³, observaram um valor médio de 12,98 MPa.

3.3 Resistência natural



Engenharia
Industrial
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA MADEIRA

A madeira de *L. styraciflua* apresentou uma perda de massa média de 18,59% (CV= 10,52%), sendo, portanto considerada resistente frente ao ataque do fungo de podridão branca *P. sanguineus*, uma vez que a perda de massa ficou compreendida no intervalo entre 11 e 24%. A classificação de resistência da madeira de *L. styraciflua* determinada no presente trabalho está em conformidade com estudo feito por Baietto e Wilson (2010) quando avaliaram a resistência de perda de massa in vitro dessa mesma espécie frente doze a fungos apodrecedores que constataram ainda que espécie *L. styraciflua* foi, dentre as estudadas, a que apresentou alburno mais resistente a decomposição. A classificação da resistência natural pode ser influenciada pelo teor de extrativos que para esta espécie aos 8 anos, segundo Freitas *et al.* (2017), é de 4,13 %.

4. CONCLUSÃO

A madeira de *L. styraciflua* é classificada como de média densidade, apresenta baixa estabilidade dimensional, coeficiente de anisotropia alto, o que demanda cuidado na seleção e elaboração de um programa de secagem para a espécie;

A madeira apresenta valores muito próximos de resistência à flexão estática e ao cisalhamento paralelo à grã em relação ao já relatado para a madeira de eucalipto, podendo ser indicada para usos na fabricação de estruturas como tesouras para coberturas.

A madeira de *L. styraciflua* foi classificada como resistente ao ataque do fungo *P. sanguineus* e pode ser indicada para uso em ambiente externo e em contato com o solo, para aplicações, por exemplo, em cercas e moirões.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Renato Rocha. **Potencial da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para a produção de lâminas e manufatura de painéis compensados**. 2002. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2017**: Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance for woods. Philadelphia: ASTM, 1994.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D143**: Standard methods of testing small clear specimens of timber. Philadelphia: ASTM, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT 7190-3**: Projeto de estruturas de madeira Parte 3: Métodos de ensaio para corpos de prova isentos de defeitos para madeiras de florestas nativas. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

BAIETTO, M.; WILSON, D. Relative In Vitro Wood Decay Resistance of Sapwood from Landscape Trees of Southern Temperate Regions. **HortScience**. v. 45, p. 401-408, 2010.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**. v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.

COMISSIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 555**: Método de Ensaio de flexión estática. Buenos Aires: COPANT, 1973.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. Tecnologia da Madeira: retratibilidade. Santa Maria: UFSM/ CEPEF/ FATEC, 1992. (Série Técnica, 10).

FREITAS, T. P.; FEUCHARD, L. D.; OLIVEIRA, J. T. S.; *et al.* Caracterização anatômica e físico- mecânica da madeira de *Liquidambar* sp. **Floresta**. v. 45, n. 4, p. 723-734, 2015.

FREITAS, T. P.; OLIVEIRA, J. T. da S.; SILVA, J. G. M. da; *et al.* Potencial de uso da madeira de *Liquidambar* sp. para produção de polpa celulósica e papel. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 60, n. 4, p. 328-334, 2017.

HASELEIN, C. R.; BERGER, R.; GOULART, M.; *et al.* Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. **Ciência Florestal**. v. 12, n. 2, p. 147-152, 2002.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Relatório Anual 2022. São Paulo: IBÁ, 2022.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS COMMITTEE - IAWA. List of microscope features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**. v. 10, n. 3, p. 219-332, 1989.

LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; ZANON, B.; *et al.* Anatomia e propriedades da madeira de *Liquidambar styraciflua* aos 24 anos de idade em três classes de diâmetro. **Scientia Forestalis**. v. 43, n. 107, p. 733-744, 2015.

MATOS, G. S.; MOLINA, D. C. Resistência da madeira ao cisalhamento paralelo às fibras segundo as normas ABNT NBR 7190:1997 e ISO 13910:2005. **Revista Matéria**. v. 21, n. 4, p. 1069- 1079, 2016.

MATTOS, P. P. de; PEREIRA, J. C. D.; SCHAITZA, E. G.; *et al.* Características da madeira de *Liquidambar styraciflua*. Colombo, PR: Embrapa Florestas, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2001. (Circular técnica, 49).

RODRIGUES, Rodrigo Augusto Dias. **Variabilidade de propriedades físico-mecânicas em lotes de madeira serrada de eucalipto para construção civil**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SHIMIZU, J. Y.; SPIR, I. H. Z. Produtividade de madeira de Liquidambar (*Liquidambar styraciflua* L.) de diferentes procedências, em Quedas do Iguaçu, PR. **Árvore**. v. 28, n. 4, p. 487- 491, 2004.