



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Propriedades Mecânicas das Madeiras utilizadas na construção: Uma Revisão Sistemática de Literatura

Dieska Rayane da Silva Gomes¹, Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani², Romilde Almeida de Oliveira³

¹ Mestranda em Engenharia Civil, Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco, Rua Benfica 455, bairro Madalena, CEP 50720-001, Recife, Pernambuco. (81) 98701-7062. dieskarayane@gmail.com (autor correspondente) Orcid ID: 0000-0002-2012-1331. ² Dra. em Engenharia Civil, University of Pittsburgh, Pittsburgh, Professora Associada e Livre Docente, Universidade de Pernambuco, Rua Benfica 455, bairro Madalena, CEP 50720-001, Recife, Pernambuco. (81) 98823-2713. emilia.rabbani@upe.br. Orcid ID: 0000-0002-4016-5198. ³ Professor Dr. Titular Colaborador, Unidade Federal de Pernambuco, Avenida professor Moraes Rego 1235, bairro Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, Pernambuco. (81) 99976-4185. romilde.oliveira@ufpe.br. Orcid ID: 0000-0002-6786-9080.

Artigo recebido em 17/07/2023 e aceito em 06/03/2024

RESUMO

Objetivou-se identificar as propriedades mecânicas de madeiras de diferentes regiões para fins estruturais na construção de edificações por meio de uma revisão sistemática da literatura (RSL) com abordagem quantitativa. A madeira é um material abundante e acessível e, devido à falta de conhecimento, cultura e mão de obra especializada, é considerada menos resistente e durável que outros sistemas construtivos. Essa metodologia foi escolhida por permitir a análise do estágio em que o tema se encontra no meio científico. A RSL, foi realizada nas bases *Scopus*, *Science Direct*, *Engineering Village* e *Web of Science*; e, no próprio portal da CAPES, analisando os artigos publicados entre 2012 e 2024 e restringindo a madeiras que não possuem nenhum tipo de tratamento, com a análise bibliométrica realizada na ferramenta Rayyan e o relato realizado pela metodologia PRISMA. A RSL resultou em 47 artigos escolhidos para análise, contemplando 24 países, apresentando as propriedades mecânicas de 109 espécies de madeira, sendo 64 destas espécies contempladas nos artigos brasileiros. O desempenho mecânico é determinado através de testes de laboratório de acordo com as normas vigentes em cada país de pesquisa. Os principais testes realizados incluíram: resistência ao impacto à flexão, à cisalhamento, à compressão, à tração, módulo de ruptura na flexão estática e módulo de elasticidade da flexão estática. Os resultados da RSL revelam a aplicabilidade das espécies na construção, com destaque para as brasileiras em testes de resistência e elasticidade. O ipê, jatobá, eucalipto limão e freijó se destacaram em diferentes ensaios. Dentre as espécies estrangeiras, a *Lonchocarpus castilloi* se destacou também em diferentes ensaios. A ausência de estudos nas regiões de bioma predominante do Brasil ressalta a necessidade de considerar particularidades regionais na escolha de materiais. As madeiras brasileiras mostram potencial para aplicações estruturais, oferecendo uma alternativa sustentável aos materiais convencionais.

Palavras-chave: Madeira; construção civil; estruturas de madeiras; propriedades mecânicas

Mechanical Properties of Woods Used in Construction: A Systematic Literature Review

ABSTRACT

The objective was to identify the mechanical properties of woods from different regions for structural purposes in building construction through a systematic literature review (SLR) with a quantitative approach. Wood is an abundant and accessible material and due to lack of knowledge, culture, and skilled labor, is considered less resistant and durable than other construction systems. This methodology was chosen to allow analysis of the stage at which the topic stands in the scientific community. The SLR was conducted in the *Scopus*, *Science Direct*, *Engineering Village*, and *Web of Science* databases; and on the CAPES portal itself, analyzing articles published between 2012 and 2024 and restricting to woods that have not undergone any type of treatment, with bibliometric analysis performed using the Rayyan tool and reporting

conducted by the PRISMA methodology. The SLR resulted in 47 articles selected for analysis, covering 24 countries, presenting the mechanical properties of 109 wood species, with 64 of these species covered in Brazilian articles. Mechanical performance is determined through laboratory tests according to the prevailing standards in each research country. The main tests performed included: impact resistance, flexural, shear, compression, tensile strength, static flexural rupture modulus, and static flexural elasticity modulus. The results of the SLR reveal the applicability of species in construction, with Brazilian species standing out in strength and elasticity tests. Ipê, jatobá, lemon eucalyptus, and freijó stood out in different tests. Among foreign species, *Lonchocarpus castilloi* also stood out in different tests. The absence of studies in Brazil's predominant biome regions highlights the need to consider regional particularities in material selection. Brazilian woods show potential for structural applications, offering a sustainable alternative to conventional materials.

Keywords: Wood; construction; wooden structures; mechanical properties

Introdução

A madeira é um recurso natural de extrema importância e destaca-se por ser um material versátil, abundante, acessível, isolante térmico e com propriedades únicas. Além de desempenhar um papel vital no ciclo do carbono, atuando como sumidouro de dióxido de carbono – CO₂, encontrado em sua estrutura na forma de lignina e celulose e após a transformação da madeira como material de construção, ela não atua no ciclo do carbono. O uso na construção civil é uma alternativa que atua diretamente no controle do aquecimento global, diante do crescimento populacional, principalmente no Brasil apesar das vastas áreas de florestas plantadas, é subutilizada como matéria-prima em sistemas construtivos (Nogueira et al., 2021).

Outro aspecto importante a considerar é o impacto ambiental associado à produção e ao transporte de materiais de construção. No ciclo de vida da madeira que retém o dióxido de significativamente maior em comparação com materiais como o concreto em seu processo de carbonatação. Além disso, o processo de fabricação de madeira requer menos energia e gera menos resíduos do que a produção de outros materiais de construção. Portanto, escolher a madeira como material de construção pode contribuir para reduzir o impacto ambiental das atividades humanas (Lima et al., 2016).

Com a pouca valorização dos produtos à base de madeira com características estruturais no mercado nacional, ressalta a necessidade de ações voltadas para incentivar o uso responsável da madeira alinhado às tendências globais de sustentabilidade (Martins, 2021). As estruturas de

madeira têm ganhado destaque crescente na indústria da construção no Brasil, sendo impulsionadas, principalmente, por sua notável sustentabilidade. A busca por alternativas que reduzam o impacto ambiental das construções e promovam a eficiência energética tem levado arquitetos, engenheiros e construtores a considerar a madeira como uma opção viável e ecologicamente correta (Vasconcelos, 2024).

Diante da sua capacidade de se integrar harmoniosamente aos ambientes naturais, aliada à sua durabilidade e resistência, torna-a uma escolha atrativa para projetos arquitetônicos contemporâneos gerando um aumento nas suas buscas como material construtivo. A realização de pesquisas aos longos dos últimos anos sobre as espécies das madeiras e suas propriedades mecânicas, demonstram que é um material que possui considerável competitividade em relação aos sistemas construtivos tradicionais (Marinho et al.; 2019).

Sua resistência à compressão, comparável à do concreto e inferior ao aço, destaca-se pela excelente relação entre resistência e densidade, sendo próximo de oito vezes mais leve que o aço e quase três vezes mais leve que o concreto, configurando como um material estrutural de uso inteligente e eficiente, que podem ser projetadas para atender aos critérios de proteção ao fogo e resistência ao vento, tornando-a viável em diversas aplicações estruturais (Benetti, 2023).

Sua resistência varia de acordo com a espécie, densidade e condições de crescimento da árvore, sendo que algumas espécies são reconhecidas por sua excepcional durabilidade e

capacidade de suportar cargas elevadas. Além disso, a resistência da madeira pode ser ainda mais aprimorada por meio de tratamentos térmico, como a aplicação de produtos químicos ou técnicas de secagem controlada. Este tratamento melhora a estabilidade dimensional, com a elevação da hidrofobicidade, a uniformização da coloração da superfície e o aumento da resistência ao apodrecimento (Park et al., 2017).

As propriedades físicas e mecânicas da madeira podem variar consideravelmente entre árvores da mesma espécie, devido a fatores como exposição solar, qualidade do solo, pluviosidade e região, além de outros elementos climáticos locais. Essa diversidade ressalta ainda mais a importância da caracterização físico-mecânica das variedades de madeira, fornecendo informações essenciais para seu uso eficaz em uma variedade de aplicações na construção civil e em outras áreas (da Silva et al., 2020; Lima et al., 2018).

A madeira, além de sua importância estrutural na construção civil, desempenha um papel fundamental em diversas outras áreas. Por exemplo, na fabricação de móveis, utensílios domésticos, embalagens, papel e celulose, entre outros produtos. Sua versatilidade permite uma ampla gama de aplicações, desde peças pequenas e delicadas até estruturas de grande porte. A indústria moveleira, em particular, tem explorado as qualidades estéticas e funcionais da madeira, criando peças de design exclusivas e duráveis (De Araujo et al., 2016).

Na indústria da construção civil, a madeira desempenha uma função de grande relevância, sendo extensivamente utilizada em diversas aplicações, tais como cimbramentos, fôrmas, pisos internos e externos, guarnições, esquadrias e elementos estruturais. Com o intuito de atender à crescente demanda por madeira serrada, uma das soluções adotadas, por exemplo, foi a introdução, no Brasil, da espécie *Eucalyptus*, originária da Austrália. Esse tipo de investimento possibilita a produção em larga escala por meio de florestas plantadas. Com mais de 600 variedades adaptadas a diferentes condições climáticas e tipos de solo, o *Eucalyptus* se destaca por sua ampla diversidade, tornando-se uma escolha versátil e viável para suprir as necessidades do mercado da construção (Gomes, D. R. S.; Kohlman Rabbani, E. R.; Oliveira, R. A.

civil. Essa adaptação contribui significativamente para a promoção da sustentabilidade e o desenvolvimento contínuo do setor (Andrade Junior et al., 2014).

No entanto, para que o uso da madeira na construção civil atinja seu potencial máximo, é necessário superar os desafios, como a escassez de mão de obra qualificada e o sistema cultural construtivo adotado, que são apenas alguns dos obstáculos a serem enfrentados. E para uma melhor análise de escolhas, é fundamental aprimorar as técnicas de produção, o tratamento da madeira e o desempenho estrutural dos materiais (Leite, Santos e Do Valle, 2017). Uma técnica de produção adotada atualmente, é a utilização da madeira engenheirada através da Madeira Laminada Colada – MLC para o uso de vigas e pilares, e a Madeira Laminada Colada Cruzada - MLCC em situações que necessitam de uma resistência maior como em pontes e edifícios de grande porte.

A Revisão Sistemática da Literatura - RSL, é um estudo científico sistemático com o objetivo de entender como um assunto é tratado no contexto de publicações acadêmicas, no qual os resultados coletados, avaliados e sintetizados, levam em consideração semelhanças e diferenças importantes entre vários estudos primários para ampliar a interpretação final. É uma modalidade de pesquisa que segue um protocolo específico, com seu próprio propósito, questão de pesquisa, métodos, resultados e conclusões (Galvão e Ricarte, 2019; Quaresma, Silva, 2022).

O presente trabalho tem uma abordagem quantitativa, com o objetivo de identificar as propriedades mecânicas das madeiras em diferentes regiões para fins estruturais na construção civil. Uma vez que, a compreensão das particularidades regionais é crucial para desenvolver estratégias eficazes de uso da madeira na construção, considerando as características climáticas e geográficas.

Mais do que uma simples alternativa aos materiais convencionais, a madeira representa uma oportunidade para repensar os paradigmas da construção sustentável, promovendo uma relação mais harmoniosa entre o homem e o meio ambiente.

Material e métodos

Para o planejamento e execução da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), optou-se pela utilização da ferramenta *Rayyan*, uma plataforma web gratuita desenvolvida pelo Qatar Computing Research Institute (QCRI). O processo foi conduzido seguindo etapas bem definidas, conforme o protocolo elaborado para este estudo, com estrutura metodológica voltada para a revisão da literatura sobre as propriedades mecânicas das madeiras.

A metodologia adotada baseou-se nos Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA), seguindo os critérios estabelecidos em seis fases distintas: 1) Definição da pergunta; 2) Elaboração do protocolo de investigação; 3) Busca nas bases de dados; 4) Revisão e seleção dos conteúdos; 5) Avaliação da qualidade dos estudos; 6) Apresentação dos resultados. Este trabalho foi desenvolvido seguindo cada uma dessas etapas (Oliveira Sobrinho, 2021).

Na etapa do planejamento, foi elaborado o protocolo de investigação com base na estratégia PICOC (População, Interesse, Controle, Resultado e Contexto), um documento que orienta a RSL.

Esse protocolo contém a pergunta principal, palavras-chave, critérios de inclusão e exclusão, seleção das bases de dados e os critérios de qualidade. Além disso, foram definidas as *strings* de busca, compostas pelas palavras-chave e operadores booleanos (*and* e *not*), a serem utilizadas nas buscas das bases de dados selecionadas.

O objetivo do RSL é uma abordagem quantitativa que consiste no conhecimento de estudos limitados entre os anos 2012 e 2024. Os critérios de inclusão e exclusão foram estabelecidos como filtros eficazes para evitar a inclusão excessiva de artigos não relevantes, garantindo a representatividade da amostra, o que indica a profundidade, qualidade e confiabilidade das conclusões finais da revisão (Da Silva, Da Cunha e De Oliveira, 2022).

No protocolo, a questão principal da revisão, palavras-chave, bases de dados, os critérios de inclusão e exclusão, e os critérios de qualidade foram definidos para a seleção e classificação dos artigos, conforme detalhado no Quadro 1.

Quadro 1. Parâmetros do Protocolo definidos para a pesquisa.

Parâmetros	
Questão principal	Quais as diferenças das propriedades mecânicas das madeiras em comum aplicadas na construção civil, conforme as regiões climáticas? Quais os critérios avaliados em comum nas espécies?
String de busca	<i>Structural wood and mechanical properties and construction and not concrete and not plastic and not metallic</i>
Base de dados	Engineering Village Portal Capes Science Direct Scopus Web of Science
Critérios de inclusão (I) e exclusão (E)	(I) Possuem informações sobre as propriedades mecânicas das madeiras (E1) Artigos duplicados manualmente (E2) Madeiras que apresentam algum tipo de tratamento (E3) Artigos sem metodologia e resultados bem detalhados (E4) artigos que não são referentes somente a madeiras (E5) Artigos que não possuem experimentos laboratoriais e/ou numéricos (E6) Estudos que não apresentam as propriedades mecânicas das madeiras
Critérios de qualidade (Q)	(Q) Trabalho totalmente alinhado à questão e aos objetivos da RSL (Q) Trabalho parcialmente alinhado à questão e aos objetivos da RSL (Q) Metodologia adequada

Entre os termos de busca destacam-se: estruturas de madeira, propriedades mecânicas e construção civil. Durante a pesquisa, foram aplicadas limitações/filtros, como palavras-chave encontradas apenas no título e resumo, idiomas

(inglês, espanhol e português), madeiras sem tratamento, e período dos artigos dos últimos doze anos.

O Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), uma biblioteca virtual brasileira onde podem ser explorados artigos, livros e periódicos, foi a ferramenta de busca utilizada para as pesquisas em quatro bases de dados: *Scopus*, *Science Direct*, *Engineering Village* e *Web of Science*; e, no próprio portal da CAPES. Utilizou-se uma *string* de busca composta pelas palavras-chave e operadores booleanos: *Structural wood and mechanical properties and construction and not concrete and not plastic and not metallic*.

Para cada base de dados, as buscas continham registros de título, abstract, ano, autor e palavras-chave que foram exportadas nos formatos “.ris” e “.bibtex”, e importadas no *Rayyan*. Após a classificação dos artigos duplicados, a primeira etapa de seleção e exclusão foi realizada por meio da leitura do título, abstract e palavras-chave, utilizando os critérios estabelecidos tanto na triagem quanto na etapa de Extração, na qual os artigos foram aceitos ou rejeitados a partir da leitura do seu texto completo.

Na etapa de Extração, a avaliação da qualidade dos trabalhos foi conduzida ao realizar a leitura completa dos artigos, observando as especificações definidas pelos autores em virtude dos objetivos da revisão. Este processo resultou na seleção de 47 trabalhos.

O fluxograma apresentado na Figura 1 detalha o método PRISMA, utilizado para relatar de maneira mais detalhada os dados coletados na revisão sistemática sobre as propriedades mecânicas das madeiras, como densidade aparente (ρ_{12}), densidade básica (ρ_{bas}), dureza Janka perpendicular (f_{H90}), dureza Janka paralela (f_{H0}), resistência ao impacto à flexão (f_{bw}), resistência ao fendilhamento (f_{s0}), resistência à cisalhamento paralelo às fibras (f_{v0}), resistência à compressão paralela (f_{c0}) e perpendicular às fibras (f_{c90}), resistência à tração paralela (f_{t0}) e perpendicular às fibras (f_{t90}), módulo de ruptura na flexão estática (MOR), módulo de elasticidade da flexão estática (MOE), módulo de elasticidade à tração paralela às fibras (E_{t0}) e módulo de elasticidade à compressão paralela (E_{c0}) e perpendicular às fibras (E_{c90}).

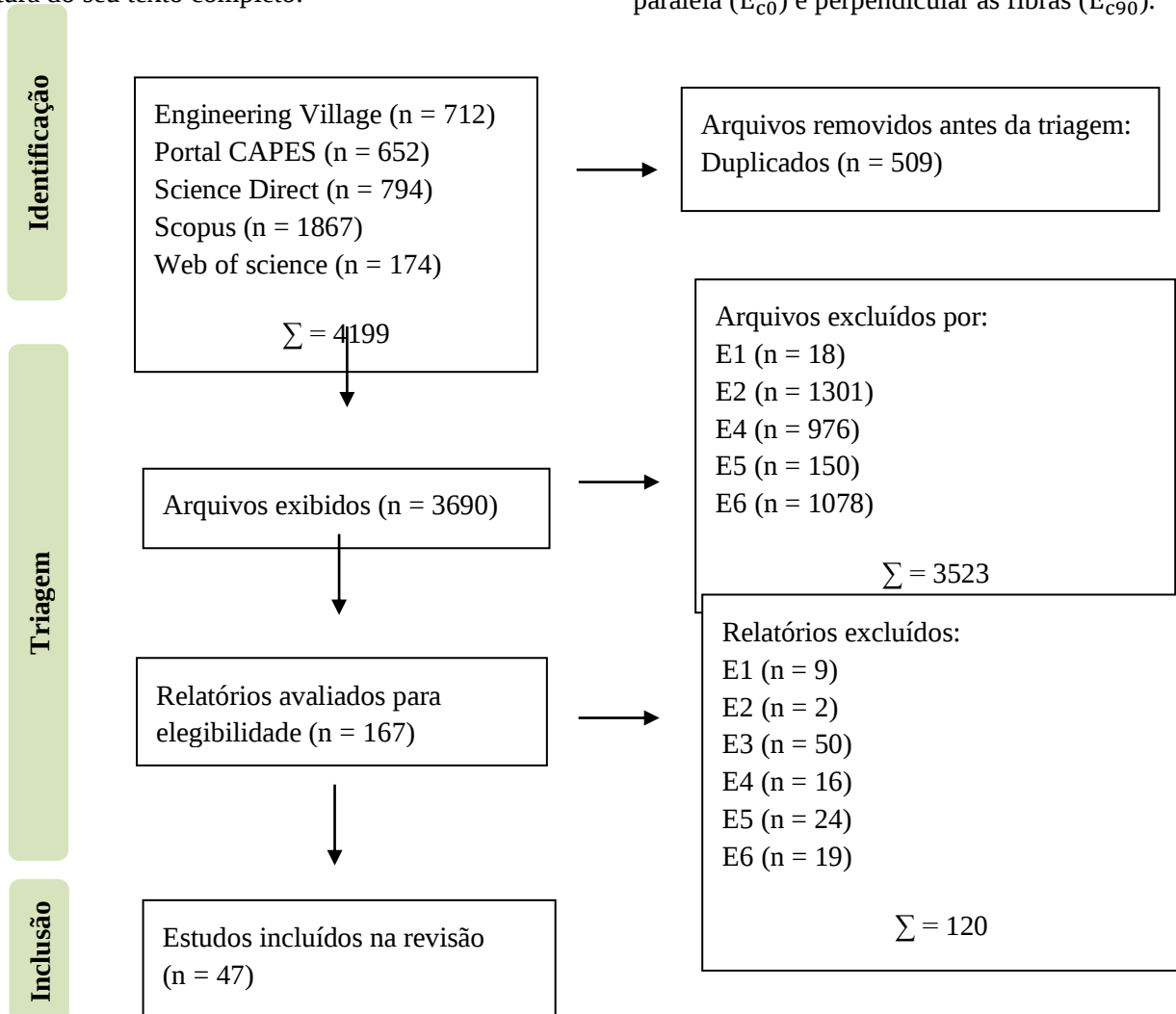


Figura 1. Processo de seleção dos artigos.

Após a seleção dos estudos relevantes, os dados referentes às propriedades mecânicas das madeiras foram extraídos dos artigos selecionados. Em seguida, por meio desses dados, determinou-se as espécies que apresentavam melhor desempenho para cada ensaio; isto é, a espécie que obteve o maior resultado em cada ensaio foi considerada como a de melhor desempenho.

Posteriormente, realizou-se uma análise percentual para comparar as diferenças entre as espécies de madeiras estudadas quando submetidas aos mesmos ensaios. Essa análise consistiu em calcular a diferença percentual entre as propriedades mecânicas de cada espécie em relação às demais, com base nos ensaios realizados nos estudos selecionados.

Dessa maneira, foi possível determinar a ordem das espécies, desde aquelas com os melhores desempenhos até as de desempenho inferior. Essa abordagem possibilitou a identificação das espécies de madeiras que apresentaram os melhores resultados em termos de propriedades mecânicas nos ensaios realizados nos estudos selecionados.

Resultados

Os artigos científicos selecionados no âmbito mundial abordando o tema “Propriedades mecânicas das madeiras” foram organizados por ano de publicação, conforme a Figura 2. Com o primeiro manuscrito datado ano de 2012 na Costa Rica e no Brasil datado ano de 2015.

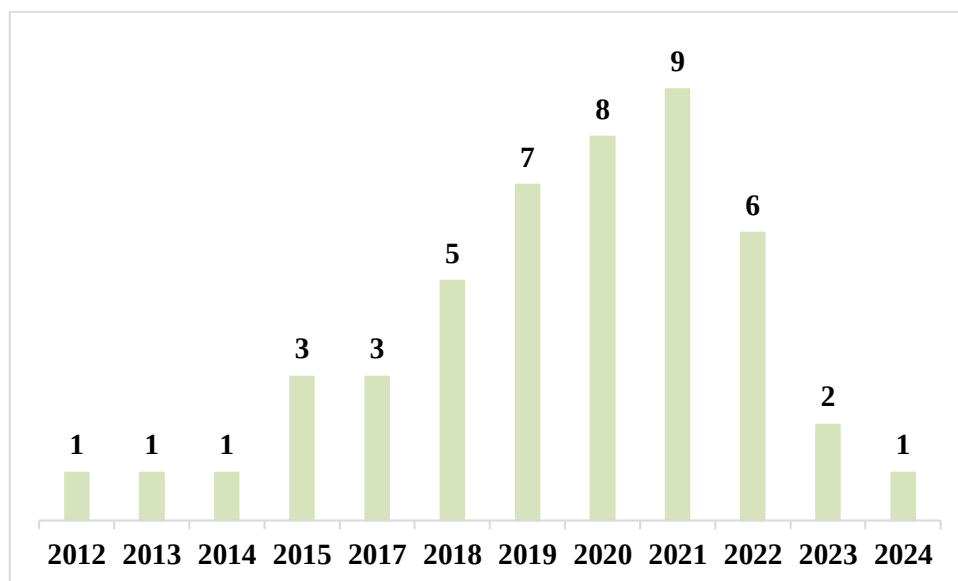


Figura 2. Distribuição dos artigos selecionados por ano.

A Figura 3 exibe a distribuição dos artigos por país, incluindo Austrália, Brasil, China, Costa Rica, Croácia, Egito, Espanha, França, Filipinas, Guatemala, Indonésia, Itália, Letônia, Malásia,

Marrocos, Nigéria, Nova Zelandia, Peru, Portugal, Reino Unido, Romênia, Tailândia, Turquia e Uruguai. Destaca-se ainda que o Brasil é o país que mais possui estudo nessa RSL.

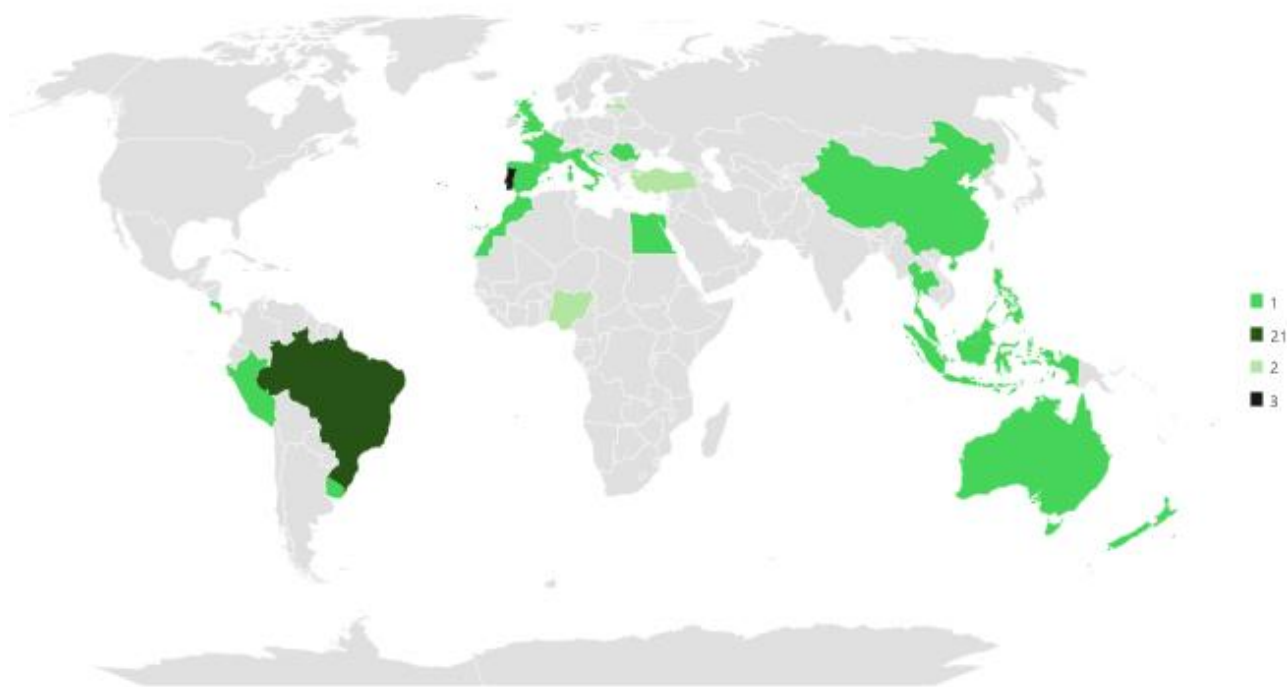


Figura 3. Distribuição dos artigos selecionados por ano.

Dentre os ensaios realizados nos estudos, destacam-se: densidade aparente (ρ_{12}), densidade básica (ρ_{bas}), dureza Janka perpendicular (f_{H90}), dureza Janka paralela (f_{H0}), resistência ao impacto à flexão (f_{bw}), resistência ao fendilhamento (f_{s0}), resistência à cisalhamento paralelo às fibras (f_{v0}), resistência à compressão paralela (f_{c0}) e perpendicular às fibras (f_{c90}), resistência à tração paralela (f_{t0}) e perpendicular às fibras (f_{t90}), módulo de ruptura na flexão estática (MOR), módulo de elasticidade da flexão estática (MOE), módulo de elasticidade à tração paralela às fibras (E_{t0}) e módulo de elasticidade à compressão paralela (E_{c0}) e perpendicular às fibras (E_{c90}).

No Quadro 2, são apresentados os resultados dos ensaios de resistência ao impacto à flexão (f_{bw}) e resistência ao fendilhamento (f_{s0}). Destacam-se, a *Tabebuia* sp. do Mato Grosso (41,67 MPa) se destaca para a resistência ao impacto à flexão com o desempenho 2% maior em relação a mesma espécie do estado de Roraima (40,95 MPa). Já para a resistência ao fendilhamento, a espécie *Calycophyllum multiflorum* (1,4 MPa) se destaca com o desempenho 29% maior que a espécie *Peltophorum vogelianum Benth* (1,0 MPa). As espécies nativas do Uruguai, Nova Zelândia e Letônia possuem os menores resultados para a resistência ao impacto à flexão.

Quadro 2. Ensaio resistência ao impacto à flexão (f_{bw}) e resistência ao fendilhamento (f_{s0}) das espécies.

	Autor	Espécies	Local	fbw (KJ/m²)	fs0 (MPa)
Brasil	(Oliveira et al., 2022)	Cedro rosado Acrocarpus fraxinifolius	Ribeirão Branco - SP	-	0,58
Brasil	(Santos et al., 2022)	Ipê Tabebuia sp.	Mucajaí - RR	34,32	0,66
			Bonfim - RR	40,95	0,81
			Cláudia - MT	41,67	0,68
Brasil	(Teixeira et al., 2021)	Angelim-pedra Hymenolobium Petraeum	Mucajaí - RR	-	0,61
			Bonfim - RR	-	0,64
			Cláudia - MT	-	0,63
Brasil	Morando et al. (2019)	QUALEA ALBIFLORA		-	0,57
Brasil	Nogueira et al. (2019)	Eucalyptus saligna		-	0,88

Brasil	Christoforo et al. (2017)	CALYCOPHYLLUM MULTIFLORUM		-	1,4
Brasil	Christoforo et al. (2019)	Peltophorum vogelianum Benth		-	1
Uruguai Nova Zelândia Letônia	(Iejavs et al., 2021)	Eucalipto Eucalyptus grandis	Departamento Rivera - Uruguai	8,46	-
		Pinheiro Pinus radiata	Região Taupo - Nova Zelândia	7,46	-
		Pinheiro-de-casquinha Pinus sylvestris	Região Vidzeme - Letônia	6,71	-

No Quadro 3 são apresentados os ensaios de resistência à cisalhamento paralelo às fibras (f_{v0}), resistência à compressão paralela (f_{c0}) e perpendicular às fibras (f_{c90}) e a resistência à tração paralela (f_{t0}) e perpendicular às fibras (f_{t90}). Para o ensaio de resistência à cisalhamento paralelo às fibras, a *Tabebuia* sp. do estado de Roraima (22,4 MPa) se destaca com o desempenho 3% maior em relação a mesma espécie do estado de Mato Grosso (21,76 MPa).

Para o ensaio de resistência à compressão paralela às fibras a espécie brasileira do Pará *Hymeneae Courbaril* (94,25 MPa) se destaca com o desempenho 3% maior em relação a espécie *Dipteryx Adorata* (91,04 MPa) também do Pará. Para a resistência à compressão perpendicular às fibras, a espécie brasileira da Amazonia *Planchonella pachycarpa pires* (25,45 MPa) se destacou entre todas com o desempenho 2% maior que a espécie da Guatemala *Lonchocarpus castilloi* (25 MPa).

Quadro 3. Ensaio resistência à cisalhamento paralelo às fibras (f_{v0}), resistência à compressão paralela (f_{c0}) e perpendicular às fibras (f_{c90}) e a resistência à tração paralela (f_{t0}) e perpendicular às fibras (f_{t90}) das espécies.

País	Autor	Espécies	Local	f_{v0} (MPa)	f_{c0} (MPa)	f_{c90} (MPa)	f_{t0} (MPa)	f_{t90} (MPa)
Austrália	Derikvand et al. (2019)	E. nitens pulpwood	Austrália	-	42,8	4,1	-	3,4
Brasil	(Moreira et al., 2022)	Jatobá Hymeneae Courbaril	Santarém - PA	18,23	94,25	-	-	-
		Cumaru Dipteryx Adorata		16,68	91,04	-	-	-
		Angelim-pedra Hymenolobium Petraeum		13,49	65,05	-	-	-
Brasil	(Lima et al., 2024)	Tuturubá Pouteria oblanceolata Pires)	Açailândia - MA	10,47	60,03	10,74	-	-
Brasil	(Oliveira et al., 2022)	Cedro rosado Acrocarpus fraxinifolius	Ribeirão Branco - SP	8,89	32,14	6,3	45,47	2,91
Brasil	(Santos et al., 2022)	Ipê Tabebuia sp.	Mucajá - RR	21,42	81,73	-	103,05	3,33
			Bonfim - RR	22,4	68,13	-	92,05	2,66
			Cláudia - MT	21,76	73,68	-	93,25	3,47
Brasil	(Teixeira et al., 2021)		Mucajá - RR	15,28	55,45	12,08	73,25	3,46
			Bonfim - RR	12,08	54,53	12,67	66,66	3,2

		Angelim-pedra Hymenolobium Petraeum	Cláudia - MT	15,17	52,92	10,75	68,5	3,38
Brasil	(Marini et al., 2022)	Eucalipto alba, eucalipto branco Eucalyptus alba Reinw.	São Carlos-SP	-	-	-	89,83	3,4
		Eucalipto propinqua Eucalyptus propinqua Maiden & Deane		-	-	-	77,75	4,85
		Eucalipto microcoris, eucalipto de sebo Eucalyptus microcorys Mueller		-	-	-	70	3
		Eucalipto saligna Eucalyptus saligna Smith		-	-	-	84	4,2
		Eucalipto paniculata, casca-de-ferro Eucalyptus paniculata Smith		-	-	-	147	5,5
		Eucalipto grandis, eucalipto rosado Eucalyptus grandis Hill		-	-	-	69	3,6
		Eucalipto urophila, urofila Eucalyptus urophylla Blake		-	-	-	116	4,6
		Eucalipto tereticornis Eucalyptus tereticornis Smith		-	-	-	120	4,6
		Eucalipto camaldulensis, eucalipto vermelho Eucalyptus camaldulensis Dehnhardt		-	-	-	92	4,4
		Eucalipto cloeziana Eucalyptus cloeziana Mueller		-	-	-	85	4,1
Brasil	(Mascarenhas et al., 2021)	Freijó Cordia gorldiana	Ouro Preto do Oeste - RO	5,94	32,32	8,02	-	-
Brasil	(Batista et al., 2022)	Angelim amargo Vatairea fusca	-	-	63,21	-	-	-
		Cafearana Andura stipulacea		-	55,15	-	-	-
		Branquilha Sebastiania commersoniana		-	52,47	-	-	-

		Canela-parda <i>Nectandra</i> sp.		-	53,34	-	-	-
		Canelão <i>Ocotea</i> sp.		-	52,5	-	-	-
		Rabo de arraia <i>Vochysia haenkeana</i>		-	56,81	-	-	-
		Angico branco <i>Anadenanthera colubrina</i>		-	44,35	-	-	-
		Louro verde <i>Ocotea</i> sp.		-	52,95	-	-	-
Brasil	(Moritani et al., 2023)	Goiabão <i>Planchonella pachycarpa</i> pires	Amazônia - AM	8,44	70,61	25,45	74,97	0,67
		Cedrinho <i>Erisma uncinatum</i> Warm.		5,87	45,57	10	50,93	0,51
		Caixeta <i>Simarouba amara</i> Aubl.		4,56	40,59	7,42	40,97	0,64
Brasil	(Nogueira et al., 2021)	Eucalipto limão <i>Corymbia citriodora</i>	São Paulo	18	62,1	6,4	123,6	3,9
Brasil	Morando et al. (2019)	QUALEA ALBIFLORA		17,13	70,93	-	91	2,85
Brasil	Nogueira et al. (2019)	<i>Eucalyptus saligna</i>		14	46,8	4,8	95,5	4,1
Brasil	Lahr et al. (2017)	<i>Eucalyptus urophylla</i>		13,9	46	6,5	34,7	4,2
Brasil	de Jesus Eufrade et al. (2015)	seringueira (<i>Hevea brasiliensis</i>)		9,43	49,83	11,24	76,45	4,23
Brasil	Nogueira et al. (2020)	<i>Eucalyptus tereticornis</i>		16,2	57,7	5,7	116	4,6
Brasil	Lahr et al. (2018)	<i>Eucalyptus grandis</i>		11,3	40,1	4,4	70,3	2,6
Brasil	Nogueira et al. (2018)	<i>Eucalyptus maidenii</i>		17,2	48,3	3,7	83,7	4,8
Brasil	Christoforo et al. (2017)	CALYCOPHYLLUM MULTIFLORUM		-	55	12	104	7
Brasil	Christoforo et al. (2019)	Guaruaia (<i>Peltophorum vogelianum</i> Benth		20	64	-	75	5,6
Brasil	Christoforo et al. (2020)	Angelim Amoroso	Roraima	-	59,9	-	-	-
		Angelim Araroba	Roraima	-	50,8	-	-	-
		Angelim Ferro	Roraima	-	79,5	-	-	-
		Angelim Pedra	Roraima	-	59,2	-	-	-
		Angelim Pedra Verdadeiro	Roraima	-	77,5	-	-	-
		Angico Preto	Roraima	-	72,5	-	-	-

		Branquillo	Mato Grosso do Sul	-	48,5	-	-	-
		Cafearana	Roraima	-	57,5	-	-	-
		Cambará Rosa	Mato Grosso	-	34,5	-	-	-
		Casca Grossa	Roraima	-	58,5	-	-	-
		Castelo	Mato Grosso	-	54,8	-	-	-
		Catanudo	Mato Grosso	-	50,6	-	-	-
		Cedro Amargo	Roraima	-	39,1	-	-	-
		Cedro doce	Roraima	-	31,5	-	-	-
		Cedrona	Roraima	-	41,3	-	-	-
		Copíba	Roraima	-	50,2	-	-	-
		Cupiúba	Roraima	-	53,7	-	-	-
		Cutiúba	Roraima	-	79	-	-	-
		Garapa	Mato Grosso	-	73,4	-	-	-
China	Chen et al. (2020)	Eucalyptus Strand Wood		11,8	67	-	112	-
Costa Rica	Tenorio et al. (2012)	Tectona grandis		-	35,7	-	40,33	0,88
		Acacia mangium		-	41,93	-	31,19	68
		Gmelina arborea		-	23,05	-	45,38	0,66
Egito	Hussein et al. (2019)	Casuarina Glauca		-	32,21 9	7,44	162,9	5,97
		Casuarina Cunninghamiana		-	11,43	4,98	0	0
Croácia	Bektaş et al. (2020)	Eucalito / drvo eukalipta		9,1	37,8	-	-	0
		Madeira de choupo		4	37,4	-	-	2,2
		Pinheiro vermelho		4,5	45,1	-	-	2,1
		Pinho escocês		6,3	39,3	-	-	2,5
Espanha	Estévez-Cimadevila et al. (2018)	Quercus robur		4	45	-	23	0,6
		Picea abies		2,5	22	-	14	-
Filipinas	(Marasigan et al., 2022)	Falcata Falcataria moluccana	Sudeste das Filipinas, Bislig City, Surigao del Sur	4,34	19,15	2,74	-	-
Guatemala	Valle Tager et al. (2014)	Amapola (Pseudobombax ellipticum)		-	23	9	33	1,5
		Manchiche (Lonchocarpus castilloi)		-	82	25	206	6,4
		Pucte (Bucida buceras)		-	65	16	170	8,3
		Santamaria (Calophyllum brasiliense)		-	51	9	83	8,9
Indonésia	Yoresta (2015)	Madeira Preta Ébano (Diospyros celebica)		11,73	84,49	-	-	-
		Shorea leavifolia		10,08	66,68	-	-	-
		Shorea eleptica		9,48	71,59	-	-	-

		maranthes corymbesa		6,61	60,8	-	-	-
		cortar a aglaia		7,53	70,7	-	-	-
		bijuga intsia		10,2	76,2	-	-	-
		Dalbergia latifolia		8,84	60,51	-	-	-
		Eusideroxylon zwa-geri		11,51	71,98	-	-	-
		Trichadenia philippinensis		15,89	61,72	-	-	-
		Elateriospermum feito		11,65	7,72	-	-	-
		Dillenia grandifolia		9,51	12,85	-	-	-
Itália	Concu et al. (2018)	pinho marítimo da Sardenha		-	-	-	11,72	-
Malásia	Hamdan et al. (2020)	batai (Paraserianthes moluccana)		5,8	22,9	-	-	-
		ludai (Sapium baccatum)		7,6	32	-	-	-
		mahang (Macaranga gigantea)		8,7	32,4	-	-	-
		sesendok (Endospermum malaccense)		10,1	38,7	-	-	-
		Rubberwood (Hebea brasiliensis)		12,5	33,6	-	-	-
		Eucalyptus Grandis		8	52	-	-	-
Nigéria	Iwuoha et al. (2021)	Gmelina arborea		6,3	34,02	4,51	67,91	-
Nigéria	(Iwuoha et al., 2023)	Gamelina Gmelina arborea trees	Akure no sudoeste da Nigéria	6,3	34,02	4,51	67,91	-
Peru	Haag et al. (2020)	Cedrelinga cateniformis		-	38	-	-	-
Portugal	Raposo et al. (2018)	Castanheiro		-	50,48	-	36,04	-
		Carvalho		-	38,34	-	20,17	-
Portugal	(Cunha et al., 2021)	Iroko Milicia excelsa	República do Congo - África Central	-	-	-	-	-
Romênia	Florença et al. (2017)	choupo amarelo híbrido (Liriodendron sino-americanum)		-	37,61	-	25,45	-
Tailândia	Srivaro et a. (2020)	coqueiro (Cocos nucifera) 30 anos		6,9	32	-	-	-
		coqueiro (Cocos nucifera) 60 anos		10,6	52	-	-	-

Turquia	(Topaloglu et al., 2021)	Castanheira Castanea sativa	Distrito de Zeytinlik de Giresun na Turquia	-	51,41	-	-	-
Turquia	(Kiliç et al., 2021)	Eucalipto Eucalyptus camaldulensis	P rovíncia de Kahramanmara ş da Turquia	9,93	53,18	-	74,14	-
Uruguai Nova Zelândia Letônia	(Iejavs et al., 2021)	Eucalipto Eucalyptus grandis	Departamento Rivera - Uruguai	-	54,1	-	-	-
		Pinheiro Pinus radiata	Região Taupo - Nova Zelândia	-	42,8	-	-	-
		Pinheiro-de- casquinha Pinus sylvestris	Região Vidzeme - Letônia	-	43,8	-	-	-

Para os ensaios de resistência à tração, as espécies estrangeiras se destacaram. Para a tração paralela às fibras a espécie da Guatemala *Lonchocarpus castilloi* (206 MPa) se destaca com o desempenho 17% maior que a espécie da Guatemala *Bucida buceras* (170 MPa) para a tração paralela às fibras. Já para a tração perpendicular às fibras, a espécie da Costa Rica *Acacia mangium* (68 MPa) se destaca com

desempenho 87% maior que a espécie da Guatemala *Calophyllum brasiliense* (8,9 MPa).

Outras propriedades mecânicas foram analisadas. No Quadro 4 são apresentados os ensaios de módulo de ruptura na flexão estática (MOR), módulo de elasticidade da flexão estática (MOE), módulo de elasticidade à tração paralela às fibras (E_{t0}) e módulo de elasticidade à compressão paralela (E_{c0}) e perpendicular às fibras (E_{c90}).

Quadro 4. Ensaio de módulo de ruptura na flexão estática (MOR), módulo de elasticidade da flexão estática (MOE), módulo de elasticidade à tração paralela às fibras (E_{t0}) e módulo de elasticidade à compressão paralela (E_{c0}) e perpendicular às fibras (E_{c90}) das espécies.

País	Autor	Espécies	Local	MOR (MPa)	MOE (MPa)	E_{t0} (MPa)	E_{c0} (MPa)	E_{c90} (MPa)
Austrália	Derikvand et al. (2019)	E. nitens pulpwood	Austrália	53	10377,7	-	-	-
Brasil	(Moreira et al., 2022)	Jatobá Hymeneae Courbaril	Santarém - PA	157,7 2	18,82	-	-	-
		Cumaru Dipteryx Adorata		165,7 4	19,19	-	-	-
		Angelim-pedra Hymenolobium Petraeum		90,34	13,83	-	-	-
Brasil	(Lima et al., 2024)	Tuturubá Pouteria oblanceolata Pires)	Açailândia - MA	154,8 2	21026	-	22761	-
Brasil	(Oliveira et al., 2022)	Cedro rosado Acrocarpus fraxinifolius	Ribeirão Branco - SP	50,55	-	-	-	-
Brasil	(Santos et al., 2022)	Ipê Tabebuia sp.	Mucajaí - RR	129,7 4	16645,4 1	16605,2 2	16597,2 7	-

			Bonfim - RR	107,9 8	16167,7	16330,2 3	17840	-
			Cláudia - MT	117,4 1	18052,4 8	18332,1 1	17363,3 1	-
Brasil	(Teixeira et al., 2021)	Angelim-pedra Hymenolobium Petraeum	Mucajaí - RR	72,63	10427	10851	10850	541
			Bonfim - RR	74,87	10181	10840	11191	557
			Cláudia - MT	79,63	10860	11323	11302	608
Brasil	(Marini et al., 2022)	Eucalipto alba, eucalipto branco Eucalyptus alba Reinw.	São Carlos-SP	-	-	14459	-	-
		Eucalipto propinqua Eucalyptus propinqua Maiden & Deane		-	-	17803	-	-
		Eucalipto microcoris, eucalipto de sebo Eucalyptus microcorys Mueller		-	-	14576	-	-
		Eucalipto saligna Eucalyptus saligna Smith		-	-	15380	-	-
		Eucalipto paniculata, casca- de-ferro Eucalyptus paniculata Smith		-	-	23719	-	-
		Eucalipto grandis, eucalipto rosado Eucalyptus grandis Hill		-	-	13888	-	-
		Eucalipto urophila, urofila Eucalyptus urophylla Blake		-	-	17509	-	-
		Eucalipto tereticornis Eucalyptus tereticornis Smith		-	-	19327	-	-
		Eucalipto camaldulensis, eucalipto vermelho Eucalyptus camaldulensis Dehnhardt		-	-	16045	-	-
		Eucalipto cloeziana Eucalyptus cloeziana Mueller		-	-	15981	-	-
Brasil	(Mascarenhas et al., 2021)	Freijó Cordia gorldiana	Ouro Preto do Oeste - RO	63,5	6905,4	-	10742,7 7	2111,6
Brasil	(Batista et al., 2022)	Angelim amargo Vatairea fusca	-	-	-	-	15023	-

		Cafearana Andura stipulacea		-	-	-	13772	-
		Branquilha Sebastiania commersoniana		-	-	-	14263	-
		Canela-parda Nectandra sp.		-	-	-	13334	-
		Canelão Ocotea sp.		-	-	-	15544	-
		Rabo de arraia Vochysia haenkeana		-	-	-	13402	-
		Angico branco Anadenanthera colubrina		-	-	-	14962	-
		Louro verde Ocotea sp.		-	-	-	14649	-
Brasil	(Moritani et al., 2023)	Goiabão Planchonella pachycarpa pires	Amazônia - AM	99,34	-	-	-	-
		Cedrinho Erisma uncinatum Warm.		60,17	-	-	-	-
		Caixeta Simarouba amara Aubl.		56,8	-	-	-	-
Brasil	(Nogueira et al., 2021)	Eucalipto limão Corymbia citriodora	São Paulo	124,5	19317,8	21884	18114	626,9
Brasil	Morando et al. (2019)	QUALEA ALBIFLORA		-	-	18738	19143	-
Brasil	Nogueira et al. (2019)	Eucalyptus saligna		91,6	-	15,981	15,261	478
Brasil	Lahr et al. (2017)	Eucalyptus urophylla		-	13416,7	15382,2	13391,7	640,7
Brasil	de Jesus Eufrade et al. (2015)	seringueira (Hevea brasiliensis)		-	-	-	12,61	-
Brasil	Nogueira et al. (2020)	Eucalyptus tereticornis		-	17464,4	18508,6	17285,3	596,4
Brasil	Lahr et al. (2018)	Eucalyptus grandis		-	-	14576,3	12696,7	443,2
Brasil	Nogueira et al. (2018)	Eucalyptus maidenii		-	-	18932,2	14431	368
Brasil	Christoforo et al. (2017)	CALYCOPHYLLUM MULTIFLORUM		-	-	12920	11188	647
Brasil	Christoforo et al. (2019)	Guarucaia (Peltophorum vogelianum Benth		-	-	14370	16214	

China	Chen et al. (2020)	Eucalyptus Strand Wood		-	16472	-	-	-
Egito	Hussein et al. (2019)	Casuarina Glauca		-	-	716,44	5083,06	172,18
		Casuarina Cunninghamiana		-	-	0	1728,85	87,27
Croácia	Bektaş et al. (2020)	Eucalito / drvo eukalipta		94,1	0	-	-	-
		Madeira de choupo		48,2	4179,1	-	-	-
		Pinheiro vermelho		68,5	6118	-	-	-
		Pinho escocês		74,9	6539,3	-	-	-
França e Espanha	Burgers et al. (2019)	Pinheiro da montanha (Pinus uncinata)		48	9076	-	-	-
Filipinas	(Marasigan et al., 2022)	Falcata Falcataria moluccana	Sudeste das Filipinas, Bislig City, Surigao del Sur	-	4940	-	-	-
Guatemala	Valle Tager et al. (2014)	Amapola (Pseudobombax ellipticum)		-	6100	4100	5300	427000
		Manchiche (Lonchocarpus castilloi)		-	20000	19100	19300	2221000
		Pucte (Bucida buceras)		-	15000	17000	16200	4234000
		Santamaria (Calophyllum brasiliense)		-	12500	10600	11100	1164000
Indonésia	Yoresta (2015)	Madeira Preta Ébano (Diospyros celebica)		-	17693.73	-	-	-
		Shorea leavifolia		-	18338.44	-	-	-
		Shorea eleptica		-	19515.23	-	-	-
		maranthes corymbesa		-	16671.30	-	-	-
		cortar a aglaia		-	15592.57	-	-	-
		bijuga intsia		-	15494.51	-	-	-
		Dalbergia latifolia		-	11277.65	-	-	-
		Eusideroxylon zwa-geri		-	18044.24	-	-	-
		Trichadenia philippinensis		-	15465.09	-	-	-
		Elateriospermum feito		-	16543.82	-	-	-
Itália	Concu et al. (2018)	pinho marítimo da Sardenha		-	-	5589,13	-	-

Malásia	Hamdan et al. (2020)	batai (<i>Paraserianthes moluccana</i>)		36,9	5143	-	-	-
		ludai (<i>Sapium baccatum</i>)		65,9	7582	-	-	-
		mahang (<i>Macaranga gigantea</i>)		74	8056	-	-	-
		sesendok (<i>Endospermum malaccense</i>)		79,5	9209	-	-	-
		Rubberwood (<i>Hebea brasiliensis</i>)		81,3	8564	-	-	-
		Eucalyptus Grandis		84	8412	-	-	-
Marrocos	Amer et al. (2021)	eucalipto (<i>E. grandis</i>)		-	-	17322		
		Eucalipto (<i>E. camaldulensis</i>)		-	-	17980	-	-
Nigéria	Iwuoha et al. (2021)	Gmelina arborea		-	-	-	11,027	419,42
Nigéria	(Iwuoha et al., 2023)	Gamelina Gmelina arborea trees	Akure no sudoeste da Nigéria	55,64	12340	11840	11027	419,42
Peru	Haag et al. (2020)	Cedrelinga cateniformis		-	10900	-	-	-
Portugal	Raposo et al. (2018)	Castanheiro		-	-	6966	6695	
		Carvalho		-	-	8179	10837	
Portugal	(Cunha et al., 2021)	Iroko Milicia excelsa	República do Congo - África Central	105,3	9950	-	-	-
Reino Unido	Bawcombe et al. (2015)	abeto Douglas		77	10000	-	-	-
Tailândia	Srivarao et al. (2020)	coqueiro (<i>Cocos nucifera</i>) 30 anos		52	6381	-	-	-
		coqueiro (<i>Cocos nucifera</i>) 60 anos		83	7920	-	-	-
Turquia	(Topaloglu et al., 2021)	Castanheira Castanea sativa	Distrito de Zeytinlik de Giresun na Turquia	86,94	9365,33	-	-	-
Turquia	(Kiliç et al., 2021)	Eucalipto Eucalyptus camaldulensis	P rovíncia de Kahramanmaraş da Turquia	83,39	6915,2	-	-	-
Uruguai Nova Zelândia Letônia	(Iejavs et al., 2021)	Eucalipto Eucalyptus grandis	Departamento Rivera - Uruguai	97,5	11900	-	-	-
		Pinheiro Pinus radiata	Região Taupo - Nova Zelândia	89,5	10800	-	-	-

		Pinheiro-de-casquinha <i>Pinus sylvestris</i>	Região Vidzeme - Letônia	86	10300	-	-	-
--	--	--	--------------------------------	----	-------	---	---	---

Para o módulo de ruptura na flexão estática, a espécie brasileira *Dipteryx Adorata* (165,74 MPa) se destaca com desempenho 5% maior que a espécie *Hymeneae Courbaril* (157,72 MPa), ambas do estado do Pará. Para o módulo de elasticidade da flexão estática, a espécie *Shorea eleptica* (19515,23 MPa) se destaca com desempenho 6% maior que a *Shorea leavifolia* (18338,44 MPa), ambas da Indonésia.

Para o módulo de elasticidade à tração paralela às fibras, a espécie brasileira *Eucalyptus paniculata Smith* (23719 MPa) se destaca com desempenho 8% maior que a espécie *Corymbia citriodora* (21884 MPa), ambas do estado de São Paulo.

Para o módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras, a espécie brasileira *Pouteria oblanceolata Pires* (22761 MPa) do Maranhão se destaca com o desempenho 15% maior que a espécie da Guatemala *Lonchocarpus castilloi* (19300 MPa). Já para o módulo de elasticidade à compressão perpendicular às fibras, a espécie *Bucida buceras* (4234000 MPa) se destaca com o desempenho 48% maior que a espécie *Lonchocarpus castilloi* (2221000 MPa), ambas da Guatemala.

Discussão

Com o aumento da temperatura ambiente, a umidade do ar com suas altas variações. Essa situação impacta diversas áreas da construção, inclusive aquelas que utilizam estruturas de madeira, que apresentam características de absorção de umidade, permitindo a troca de umidade com o ambiente até atingir a estabilidade higroscópica. A umidade, influenciada pela exposição ao clima externo ou pelo tipo de uso, tem variações que podem comprometer a resistência e durabilidade da madeira, aumentando o risco de deterioração e deformações estruturais (Sousa, 2021).

Diante desse cenário desafiador, diversos estudos têm sido realizados para analisar as propriedades das espécies de madeira e identificar aquelas com as melhores resistências para uso na construção civil, especialmente para fins estruturais.

Desta forma, esses estudos realizados em várias partes do mundo tiveram suas as propriedades das espécies analisadas percentualmente buscando

identificar aquelas com as melhores resistências para o uso na construção civil, principalmente para fins estruturais. No Brasil, os experimentos foram realizados conforme as diretrizes da NBR 7190 de 1997 e sua atualização em 2022, na Espanha conforme a EN 408 e em Portugal de acordo com as EN 408 e EN 384.

Para a análise da densidade básica, as espécies portuguesas (Carvalho, *Blackwood*, Castanheira e Iroko) e espanholas (*Quercus robur*, *Pinus uncinata*, *Populus euramericana* e *Picea abies*) apresentam excelentes resultados. No entanto o Carvalho (798,53 kg/m³) se destaca com 13,59% de desempenho melhor que a *Quercus robur* (690 kg/m³). Para a resistência à compressão paralela às fibras a *Quercus robur* (45 MPa) se destaca com 23,55% de desempenho melhor que a *Populus euramericana* (34,4 MPa), no entanto ambas ainda são inferiores a espécie brasileira *Hymeneae Courbaril* (94,25 MPa) apontada neste estudo. Para a resistência à tração paralela às fibras a *Quercus robur* (23 MPa) se destaca com 39,13% de desempenho melhor que a *Picea abies* (14 MPa), no entanto ambas ainda são inferiores a espécie da Guatemala *Lonchocarpus castilloi* (206 MPa) apontada neste estudo (Burgers *et al.*, 2019; Cunha *et al.*, 2021; Estévez-Cimadevila *et al.*, 2018; Martins *et al.*, 2020; Moreira *et al.*, 2022; Raposo *et al.*, 2018; Rescalvo *et al.*, 2020; Valle Tager *et al.*, 2014).

No Brasil, algumas espécies se destacaram pelos seus desempenhos. Para a resistência ao cisalhamento paralelo, a *Peltophorum vogelianum Benth.* com 77 MPa teve desempenho 3,64% melhor quando comparado a *Qualea albiflora* com 74,2 MPa. (Christoforo *et al.*, 2019 e Morando *et al.*, 2019).

Para a resistência a dureza paralela, o *Tabebuia sp.* com 163,59 MPa teve desempenho 32,09% melhor quando comparado com a *Qualea albiflora* com 111,1 MPa e 38,26% melhor em relação a *Calycophyllum multiflorum* com 101

MPa (Morando *et al.*, 2019; e Christoforo *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2022).

Para a resistência à compressão perpendicular às fibras, a *Planchonella pachycarpa pires* com 25,45 MPa teve desempenho 52,85% melhor que a *Calycophyllum multiflorum* com 12 MPa e 55,83% quando comparado a *Hevea brasiliensis* com 11,24 MPa (Christoforo *et al.*, 2017; e Eufrade Junior *et al.*, 2015; Moritani *et al.*, 2023).

Para a resistência à compressão paralela, o Jatobá do estado do Pará com 94,25 MPa teve desempenho 36,31% melhor que a Tuturubá do estado do Maranhão com 60,03 MPa e 36,44% quando comparado ao Angelim Amoroso do estado de Roraima com 59,9 MPa (Christoforo *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2024 e Moreira *et al.*, 2022).

Para o módulo de elasticidade da flexão estática, a *Pouteria oblanceolata Pires* do estado do Maranhão com 21026 MPa teve desempenho 8,12% melhor que a *Corymbia citriodora* teve o melhor resultado de 19317,8 MPa do estado de São Paulo e 20,83% melhor que o *Tabebuia* sp. do estado de Roraima com 16645,41 MPa (Lima *et al.*, 2024; Nogueira *et al.*, 2021 e Santos *et al.*, 2022).

Para o módulo de ruptura na flexão estática, a *Hymeneae Courbaril* do estado do Pará com 157,22 MPa teve desempenho 2% melhor que *Pouteria oblanceolata Pires* do estado do Maranhão com 154,82 MPa, 21% melhor que *Corymbia citriodora* do estado de São Paulo com 124,5 MPa, 37% melhor que *Planchonella pachycarpa pires* do estado da Amazonia com 99,34 MPa, 54% melhor que *Hymenolobium Petraeu* do estado de Roraima com 72,63 MPa e 60% melhor que a *Cordia gorldiana* do estado de Rondônia com 63,5 MPa (Lima *et al.*, 2024; Mascarenhas *et al.*, 2021; Moreira *et al.*, 2022; Moritani *et al.*, 2023; Nogueira *et al.*, 2021; Teixeira *et al.*, 2021).

Desta forma, os resultados sugerem que as espécies de madeira brasileiras possuem características mecânicas robustas e são altamente aplicáveis na construção civil, destacando-se em várias propriedades quando comparadas com as espécies estrangeiras estudadas. Em comparação com as espécies estrangeiras estudadas, as madeiras

brasileiras apresentaram vantagens significativas em várias propriedades. Além da resistência mecânica, as espécies de madeira brasileiras também se destacam em termos de durabilidade e estabilidade dimensional. Essas características adicionais reforçam a posição das madeiras brasileiras como materiais de construção de alta qualidade e confiabilidade.

Contudo, os estudos comparativos realizados em diferentes países evidenciam a superioridade das espécies de madeira brasileiras para uso na construção civil, especialmente em aplicações estruturais. Esses resultados não apenas destacam a qualidade da madeira produzida no Brasil, mas também ressaltam a importância de considerar as características específicas das diferentes espécies ao selecionar materiais para projetos de construção, visando garantir a segurança, durabilidade e eficiência das estruturas.

Conclusões

A revisão sistemática da literatura revelou-se um método eficaz para alcançar o objetivo inicial. Identificar as propriedades mecânicas das madeiras em diferentes regiões para fins estruturais na construção civil, considerando as características climáticas e geográficas.

Os resultados obtidos destacam a diversidade de espécies de madeira utilizadas e seus desempenhos notáveis em diversos ensaios, evidenciando a viabilidade desses materiais para aplicações estruturais.

Notou-se uma diminuição nos estudos científicos nos últimos quatro anos, conforme evidenciado pelo reduzido número de publicações na base de dados adotada. O tema "propriedades mecânicas das madeiras" tem sido estudado com foco na utilização desses materiais na construção civil, visando tornar os processos produtivos mais sustentáveis e reduzir os impactos ambientais do setor.

É importante ressaltar que cada país possui suas próprias normas para os estudos das propriedades dos materiais, incluindo normas britânicas, americanas, europeias, brasileiras, alemãs, suíças e turcas. É evidente que ainda não existe uma norma universal, o que dificulta as análises das espécies de diferentes regiões.

No entanto, apesar da predominância de materiais convencionais como cimento e aço na construção civil, o Brasil tem liderado os estudos sobre espécies de madeiras aplicadas no setor, nos últimos doze anos. Destacando-se as constantes mudanças no cenário construtivo e a utilização crescente de novos materiais, como a madeira.

Entretanto, nos estudos realizados no Brasil, não foram identificados estudos realizados no Sul ou com espécies da região. Na região Nordeste, foi analisada uma espécie do bioma Amazônia no estado do Maranhão. Apesar da rica biodiversidade adaptada ao clima do Brasil, não foram encontrados estudos com espécies nativas do bioma da caatinga.

Diante disso, é crucial desenvolver pesquisas que explorem novas descobertas e analisem o uso de novas espécies de madeiras na construção civil, especialmente no Brasil, que possui uma flora rica e exclusiva. Essas pesquisas podem contribuir para o desenvolvimento de cidades sustentáveis, apesar da persistência do uso de materiais convencionais na construção civil, principalmente no Nordeste.

O estudo realizado proporcionou uma análise abrangente das propriedades mecânicas das madeiras na construção civil, considerando diferentes regiões geográficas. A revisão sistemática da literatura identificou padrões distintos nas características estruturais desses materiais, variando conforme a região de origem, os tipos de madeira estudados e os métodos de teste aplicados.

No contexto brasileiro, observou-se uma ampla diversidade de espécies de madeira utilizadas, como Ipê, Cedro Rosado e Eucalipto, entre outras, que apresentaram desempenhos notáveis em diversos ensaios, indicando sua viabilidade para aplicações estruturais na construção civil.

A comparação entre as madeiras brasileiras e as de outras regiões revelou que as espécies nativas tendem a ter resultados superiores em muitos ensaios, sugerindo uma vantagem competitiva em termos de resistência e durabilidade. Desta forma, este estudo fornece uma

alta variedade de propriedades mecânicas de várias espécies, permitindo a sua utilização na construção civil de acordo com a necessidade de resistências adequadas aos projetos e a NBR 7190:2022.

Esses resultados ressaltam a importância de considerar as particularidades regionais ao desenvolver estratégias para o uso responsável da madeira na construção civil e destacam a necessidade contínua de pesquisa e desenvolvimento nesse campo, visando promover práticas construtivas mais sustentáveis e eficientes.

Em resumo, os resultados deste estudo fornecem informações valiosas para profissionais da construção civil, pesquisadores e formuladores de políticas, contribuindo para o avanço do setor e para a promoção de práticas mais alinhadas aos princípios da sustentabilidade ambiental.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, por ter me dado a oportunidade e discernimento para realizar esse trabalho. À Escola Politécnica de Pernambuco, a Universidade de Pernambuco e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). E a minha família e amigos pelo apoio e incentivo.

Referências

- Almeida, T. D., Almeida, D. D., Christoforo, A. L., Panzera, T. H., Oliveira, P. R., & Lahr, F. A. R. (2019). New analytical approach for estimating density of Brazilian tropical woods based on fundamental concepts. doi: doi.org/10.18671/scifor.v47n124.10
- Amer, M., Kabouchi, B., rahouti, M., Famiri, A., Fidah, A., & El Alami, S. (2021). Mechanical properties of clonal eucalyptus wood. *International Journal of Thermophysics*, 42, 1-15. doi: [10.1007/s10765-020-02773-x](https://doi.org/10.1007/s10765-020-02773-x)
- Andrade Junior, J. R., Almeida, D. H. D., Almeida, T. H. D., Christoforo, A. L., Stamato, G. C., & Lahr, F. A. R. (2014). Avaliação das estruturas de cobertura em madeira de um galpão de estoque de produtos químicos. *Ambiente Construído*, 14, 75-85. doi: [10.1590/S1678-86212014000300006](https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000300006).
- Batista, M., Amorim, A., Silva, D. A. L., Aquino, V. B. D. M., Lahr, F. A. R., & Christoforo, A. L. (2022). Representativeness of the fiber parallel elasticity modulus value referring to the Brazilian standard C40 strength class in the design of timber structures. *Ciência Rural*, 53,

- e20210289. doi: [10.1590/0103-8478cr20210289](https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210289)
- Bektaş, İ., Tutuş, A., & Gültekin, G. (2020). The Effect of Sapwood and Heartwood Differences on Mechanical Properties of Fast-Growing Tree Species. *Wood Industry/Drvna Industrija*, 71(3).doi: [10.5552/drvind.2020.1940](https://doi.org/10.5552/drvind.2020.1940)
- Benetti, V. P. (2023). *Implementação da Metodologia bim na Pré-Fabricação de Betão: Estudo de Caso em Empresa Brasileira* (Doctoral dissertation, Instituto Politecnico de Viseu (Portugal)).
- Brokšans, A. (2013). The effect of timber properties on the behaviour of bending elements under loading. *Research for Rural Development*, 2.
- Christoforo, A. L., Arroyo, F. N., Silva, D. A. L., Panzera, T. H., & Lahr, F. A. (2017). Full characterization of Calycophyllum multiflorum wood specie. *Engenharia Agrícola*, 37, 637-643. doi: [10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n4p637-643/2017](https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n4p637-643/2017)
- Christoforo, A. L., Aquino, V. B. D. M., Wolenski, A. R., Araujo, V. A. D., & Lahr, F. A. (2019). Evaluation of the Peltophorum vogelianum Benth. wood species for structural use. *Engenharia Agrícola*, 39, 763-768. doi: [10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n6p763-768/2019](https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n6p763-768/2019)
- Christoforo, A. L., Almeida, D. H. D., Varanda, L. D., Panzera, T. H., & Lahr, F. A. (2020). Estimation of wood toughness in Brazilian tropical tree species. *Engenharia Agrícola*, 40, 232-237. doi: [10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n2p232-237/2020](https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n2p232-237/2020)
- Chen, J., Xiong, H., Wang, Z., & Yang, L. (2020). Experimental buckling performance of eucalyptus-based oriented oblique laminated strand lumber columns under centric and eccentric compression. *Construction and Building Materials*, 262, 120072. doi: [10.1016/j.conbuildmat.2020.120072](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120072)
- Concu, G., De Nicolo, B., Fragiaco, M., Trulli, N., & Valdes, M. (2018). Grading of maritime pine from Sardinia (Italy) for use in cross-laminated timber. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Construction Materials*, 171(1), 11-21. doi: [10.1680/jcoma.16.00043](https://doi.org/10.1680/jcoma.16.00043)
- Cunha, C., Tenório, M., Lima, D. F., Rebouças, A., Neves, L. C., & Branco, J. M. (2021). Mechanical characterization of Iroko wood using small specimens. *Buildings*, 11(3), 116. doi: [10.3390/buildings11030116](https://doi.org/10.3390/buildings11030116)
- da Silva, J. G. M., de Medeiros, P. N., Soranso, D. R., Tinti, V. P., da Silva Oliveira, J. T., & de Oliveira, J. G. L. (2020). Influence of anatomy on the adhesion performance of four wood species. *Research, Society and Development*, 9(4), e31942727-e31942727. doi: [10.33448/rsd-v9i4.2727](https://doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2727)
- da Silva, J. N., da Cunha, L. S., & de Oliveira, N. E. C. (2022). O Uso De Parâmetros Físico-Químicos Na Delimitação De Contaminação Por Lixiviado Em Áreas Degradadas Por Resíduos Sólidos Urbanos. Uma Revisão Sistemática De Literatura Com Ênfase Em Metanálise. *Rev. Bras. Geogr. Física*, 15, 1587. doi: [10.26848/rbgf.v15.3.p1587-1604](https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.3.p1587-1604)
- De Araujo, V. A., Cortez-Barbosa, J., Gava, M., Garcia, J. N., de Souza, A. J. D., Savi, A. F., ... & Lahr, F. A. R. (2016). Classification of wooden housing building systems. *BioResources*, 11(3), 7889-7901. doi: [10.15376/biores.11.3.DeAraujo](https://doi.org/10.15376/biores.11.3.DeAraujo)
- de Jesus Eufraide Junior, H., Ohto, J. M., da Silva, L. L., Lara Palma, H. A., & Ballarin, A. W. (2015). Potential of rubberwood (Hevea brasiliensis) for structural use after the period of latex extraction: a case study in Brazil. *Journal of Wood Science*, 61, 384-390. doi: [10.1007/s10086-015-1478-7](https://doi.org/10.1007/s10086-015-1478-7)
- de Oliveira, K. A., Barros Oliveira, C. A., & Molina, J. C. (2022). Physical, chemical and mechanical characterization of Acrocarpus fraxinifolius cultivated in Sao Paulo. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 24. doi: [10.4067/s0718-221x2022000100409](https://doi.org/10.4067/s0718-221x2022000100409)
- Derikvand, M., Kotlarewski, N., Lee, M., Jiao, H., & Nolan, G. (2019). Characterisation of physical and mechanical properties of unthinned and unpruned plantation-grown Eucalyptus nitens H. Deane & Maiden lumber. *Forests*, 10(2), 194. doi: [10.3390/f10020194](https://doi.org/10.3390/f10020194)
- dos Santos, H. F., de Moraes, M. H. M., de Oliveira, I. A., de Freitas, L., de Moura Aquino, V. B., Menezes, I. S., ... & Christoforo, A. L. (2022). Influence of the Harvesting Region on Batch Homogeneity of Ipe Wood (Tabebuia sp.) Based on Its Physical and Mechanical Properties. *Forests*, 13(9), 1385. doi: [10.3390/f13091385](https://doi.org/10.3390/f13091385)
- Estévez-Cimadevila, J., Suárez-Riestra, F., Otero-Chans, D., & Martín-Gutiérrez, E. (2018). Experimental analysis of pretensioned CLT-glulam T-section beams. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018. doi: [10.1155/2018/1528792](https://doi.org/10.1155/2018/1528792)
- Florența, I., Țăranu, N., Secu, A., Ențuc, I. S., Scutaru, M. C., & Ungureanu, D. (2017). Evaluation of the wood strength class using the experimental approach. *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. Sectia Constructii, Arhitectura*, 63(2).
- Haag, V., Koch, G., Melcher, E., & Welling, J. (2020). Characterization of the wood properties

- of *Cedrelinga cateniformis* as substitute for timbers used for window manufacturing and outdoor applications. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 22(1), 23-36. doi: [10.4067/S0718-221X2020005000103](https://doi.org/10.4067/S0718-221X2020005000103)
- Hamdan, H., Nordahlia, A. S., Anwar, U. M. K., Iskandar, M. M., Omar, M. M., & K, T. (2020). Anatomical, physical, and mechanical properties of four pioneer species in Malaysia. *Journal of Wood Science*, 66, 1-9. doi: [10.1186/s10086-020-01905-z](https://doi.org/10.1186/s10086-020-01905-z)
- Hussein, M. M., Nassar, K., & Darwish, M. (2019). Mechanical properties of Egyptian casuarina wood. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 31(12), 04019293. doi: [10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0002955](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002955)
- Iejavs, J., Podnieks, M., & Uzuls, A. (2021). Some physical and mechanical properties of wood of Fast-growing tree species eucalyptus (*Eucalyptus grandis*) and radiata pine (*Pinus radiata* D. Don). doi: [10.15159/AR.21.038](https://doi.org/10.15159/AR.21.038)
- Iwuoha, S. E., Seim, W., & Onyekwelu, J. C. (2021). Mechanical properties of *Gmelina arborea* for engineering design. *Construction and Building Materials*, 288, 123123. doi: [10.1016/j.conbuildmat.2021.123123](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123123)
- Iwuoha, S. E., & Seim, W. (2023). VARIATION IN MECHANICAL PROPERTIES WITHIN AND BETWEEN PLANTATION-GROWN *Gmelina arborea* TREES. doi: [10.52202/069179-0098](https://doi.org/10.52202/069179-0098)
- Kiliç Ak, A., Bektaş, İ., Çiçekler, M., & Tutuş, A. (2021). Influences of different drying climates on *Eucalyptus camaldulensis* wood properties. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 23. doi: [10.4067/S0718-221X2021000100452](https://doi.org/10.4067/S0718-221X2021000100452)
- Lahr, F. A., Nogueira, M. C., Araujo, V. A. D., Vasconcelos, J. S., & Christoforo, A. L. (2017). Physical-mechanical characterization of *Eucalyptus urophylla* wood. *Engenharia Agrícola*, 37, 900-906. doi: [10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n5p900-906/2017](https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n5p900-906/2017)
- Lahr, F. A., Nogueira, M. C., Araujo, V. A. D., Vasconcelos, J. S., & Christoforo, A. L. (2018). Wood utilization of *Eucalyptus grandis* in structural elements: densities and mechanical properties. *Engenharia Agrícola*, 38, 642-647. doi: [10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n5p642-647/2018](https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n5p642-647/2018)
- Lima, A. I. N., Cruz, C. B., & Silva, É. D. L. (2016). BANNER: Impactos Provocados no Meio Ambiente pelo uso da Madeira na Construção Civil.
- Lima, T. F. P., Almeida, T. H. D., Almeida, D. H. D., Christoforo, A. L., & Lahr, F. A. R. (2018). Physical and mechanical properties of *Tatajuba* wood specie (*Bagassa guianensis*) from two different Brazilian regions. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 23, e12185. doi: [10.1590/s1517-707620180003.0519](https://doi.org/10.1590/s1517-707620180003.0519)
- Lima, V. D. S., Silva, M. G. S. D., Menezes, G. C., Cunha, R. D. A., César, S. F., Pereira, A. F. S., & Dias, J. M. S. (2024). Physical-mechanical characterization of *tuturubá* wood (*Pouteria oblanceolata* Pires). *Matéria (Rio de Janeiro)*, 29, e20230270. doi: [10.1590/1517-7076-RMAT-2023-0270](https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2023-0270)
- Marasigan, O. S., Razal, R. A., Carandang, W. M., & Alipon, M. A. (2022). Physical and mechanical properties of stems and branches of *Falcata* [*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & JW Grimes] Grown in Caraga, Philippines. *Philippine Journal of Science*, 151(2), 575-586. doi: [10.56899/151.02.03](https://doi.org/10.56899/151.02.03)
- Marini, L. J., Cavaleiro, R. S., Araujo, V. A. D., Lahr, F. A. R., & Christoforo, A. L. (2022). Estimation of tensile strength in timbers of ten eucalypt species as a function of anatomical parameters and apparent density. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 27, e20220196. doi: [10.1590/1517-7076-RMAT-2022-0196](https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2022-0196)
- Marinho, E. K. L., Leal, N. L. M., Teles, C. C., & Aguiar, J. R. C. (2019). Requalificação do Parque Cortado como artifício para a reciclagem urbana. *Elementos da Arquitetura e Urbanismo Volume*, 67.
- Martins, C., Monteiro, S., Knapic, S., & Dias, A. (2020). Assessment of bending properties of sawn and glulam blackwood in Portugal. *Forests*, 11(4), 418. doi: [10.3390/f11040418](https://doi.org/10.3390/f11040418)
- Martins, G. D. M. L. (2021). A industrialização do bambu e a sustentabilidade: análise da potencialidade técnica do laminado colado na produção de componentes da construção civil no Brasil.
- Mascarenhas, A. R. P., Scoti, M. S. V., Melo, R. R. D., Corrêa, F. L. D. O., Souza, E. F. M. D., & Pimenta, A. S. (2021). Physico-mechanical properties of the wood of freijó, *Cordia goeldiana* (Boraginaceae), produced in a multi-stratified agroforestry system in the southwestern Amazon. *Acta Amazonica*, 51, 171-180. doi: [10.1590/1809-4392202003001](https://doi.org/10.1590/1809-4392202003001)
- Morando, T. C., Christoforo, A. L., Aquino, V. D. M., Lahr, F. A. R., Rezende, G. D. M., & Ferreira, R. T. L. (2019). Characterization of the wood species *Qualea albiflora* for structural purposes. *Wood Research*, 64(5), 769-776.
- Moreira, L. D. S., Andrade, F. W. C., Balboni, B. M., & Moutinho, V. H. P. (2022). Wood from Forest Residues: Technological Properties and Potential Uses of Branches of Three Species

- from Brazilian Amazon. *Sustainability*, 14(18), 11176. doi: [10.3390/su141811176](https://doi.org/10.3390/su141811176)
- Moritani, F. Y., Icimoto, F. H., Nogueira, R. D. S., Calil Júnior, C., Santos, L. L. D., & Ballarin, A. W. (2023). Structural characterization of native species according to the new brazilian standard ABNT NBR 7190: 2022: part 4. In *Proceedings*. doi: [10.52202/069179-0402](https://doi.org/10.52202/069179-0402)
- Nogueira, M. C. D. J. A., De Araujo, V. A., Vasconcelos, J. S., Da Cruz, J. N., Prativiera, F., Christoforo, A. L., & Lahr, F. A. R. (2018). Characterization of Eucalyptus maidenii timber for structural application: physical and mechanical properties at two moisture conditions. *South-east European forestry: SEEFOR*, 9(2), 141-146. doi: [10.15177/see-for.18-10](https://doi.org/10.15177/see-for.18-10)
- Nogueira, M. C. D. J. A., Almeida, D. H. D., Araujo, V. A. D., Vasconcelos, J. S., Christoforo, A. L., Almeida, T. H. D., & Lahr, F. A. R. (2019). Physical and mechanical properties of Eucalyptus saligna wood for timber structures. *Ambiente Construído*, 19, 233-239. doi: [10.1590/s1678-86212019000200319](https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000200319)
- Nogueira, M. C. D. J. A., Araujo, V. A. D., Vasconcelos, J. S., Christoforo, A. L., & Lahr, F. A. R. (2020). Sixteen properties of Eucalyptus tereticornis wood for structural uses. *Bioscience Journal*, 36(2), 449-457.
- Nogueira, M. C. D. J. A., De Araujo, V. A., Christoforo, A. L., Lahr, F. A. R., & Vasconcelos, J. S. (2021). Characterization of Corymbia citriodora wood for construction. *Holos*, 1, 1-11. doi: [10.15628/holos.2021.10747](https://doi.org/10.15628/holos.2021.10747)
- Oliveira Sobrinho, P. C. (2021). Aplicabilidade do plasma rico em plaquetas-PRP no tratamento de úlceras em pé de pacientes diabético: revisão sistemática com meta-análise.
- Opazo-Vega, A., Rosales-Garcés, V., & Oyarzo-Vera, C. (2021). Non-destructive assessment of the dynamic elasticity modulus of eucalyptus nitens timber boards. *Materials*, 14(2), 269. doi: [10.3390/ma14020269](https://doi.org/10.3390/ma14020269)
- Park, Y., Jang, S. K., Park, J. H., Yang, S. Y., Chung, H., Han, Y., ... & Yeo, H. (2017). Changes of major chemical components in larch wood through combined treatment of drying and heat treatment using superheated steam. *Journal of wood science*, 63, 635-643. doi: [10.1007/s10086-017-1657-9](https://doi.org/10.1007/s10086-017-1657-9)
- Quaresma, M. D. N. S., & da Silva, C. N. (2022). Análise integrada da paisagem pela perspectiva conceitual da paisagem de exceção: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(06), 2878-2902.
- Raposo, P., Martins, J., Correia, J., Salavessa, M. E., Reis, C., Xavier, J., & Jesus, A. M. D. (2018). Characterization of the mechanical behaviour of wooden construction materials from “quinta lobeira de cima”. *International Journal of Structural Integrity*, 9(3), 396-410.
- Sousa, B. H. D. (2021). *Sustentabilidade de agroecossistemas familiares em regiões semiáridas da Itália e do Brasil* (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Santa Maria).
- Srivar, S., Tomad, J., Shi, J., & Cai, J. (2020). Characterization of coconut (Cocos nucifera) trunk's properties and evaluation of its suitability to be used as raw material for cross laminated timber production. *Construction and Building Materials*, 254, 119291. doi: [10.1016/j.conbuildmat.2020.119291](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119291)
- Teixeira, J. N., Wolenski, A. R. V., Aquino, V. B. D. M., Panzera, T. H., Silva, D. A. L., Campos, C. I., ... & Christoforo, A. L. (2021). Influence of provenance on physical and mechanical properties of Angelim-pedra (Hymenolobium petraeum Ducke.) wood species. *European Journal of Wood and Wood Products*, 79(5), 1241-1251. doi: [10.1007/s00107-021-01692-4](https://doi.org/10.1007/s00107-021-01692-4)
- Tenorio, C., Moya, R., & Camacho, D. (2012). Physical and mechanical properties of plywood panels manufactures with tropical plantation species for structural use. *Cerne*, 18(2), 317-325.
- Topaloglu, E., Ustaomer, D., Ozturk, M., & Pesman, E. (2021). Changes in wood properties of chestnut wood structural elements with natural aging. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 23. doi: [10.4067/S0718-221X2021000100420](https://doi.org/10.4067/S0718-221X2021000100420)
- Valle Tager, G. M., Hartig, J. U., Cabrero, J. M., & Haller, P. (2014). Selected mechanical properties of four Central American wood species. *European journal of wood and wood products*, 72, 699-702. doi: [10.1007/s00107-014-0818-4](https://doi.org/10.1007/s00107-014-0818-4)
- Vasconcelos, K. G. (2024). Construções sustentáveis: Processo de reciclagem como alternativa sustentável de resíduos na construção civil. *Saberes da Engenharia: Uma contribuição para a sociedade Volume 4*, 83.
- Yoresta, F. S. (2015). Physical and Mechanical Properties of Black Wood (Ebony) as a Construction Material. LANGKAU BETANG: JURNAL ARSITEKTUR, 2(1), 22-28. doi: [10.26418/lantang.v2i1.13837](https://doi.org/10.26418/lantang.v2i1.13837)