

AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE VALORES CARACTERÍSTICOS DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E TRAÇÃO PARALELA ÀS FIBRAS DE MADEIRAS TROPICAIS

Resumo

O método simplificado da NBR 7190:1997 visa facilitar a caracterização das espécies de madeira, porém a norma é antiga e seus resultados podem não ser confiáveis atualmente. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo analisar a confiabilidade do valor exibido da relação entre resistência à compressão e tração paralela às fibras. Para isso, foi realizada uma compilação de dados encontrados na literatura e no anexo da norma vigente. Ao todo, foram encontradas 62 espécies. Com os resultados da resistência à compressão e tração paralelo às fibras das 62 espécies, foi possível determinar a relação ótima entre essas propriedades com o uso da estatística *bootstrap*. Sendo assim, foi possível concluir que intervalo de bons valores é de 0,73 à 0,90, sendo que o valor de 0,82 é o ideal para essa relação, diferentemente do exibido pela norma brasileira vigente.

Palavras-chave: Propriedades mecânicas. Análise de variância. Método simplificado.

Abstract

The simplified method of NBR 7190:1997 aims to facilitate the characterization of wood species, but the standard is old and its results may not be reliable today. Thus, the present study aims to analyze the reliability of the displayed value of the relationship between compressive strength and tensile strength parallel to the fibers. For this, a compilation of data found in the literature and in the appendix of the current standard was carried out. In all, 62 species were found. With the results of compressive strength and traction parallel to the fibers of the 62 species, it was possible to determine the optimal relationship between these properties use of bootstrap statistics. Thus, it was possible to conclude that the range of good values is 0.73 to 0.90, and the value of 0.82 is ideal for this ratio, unlike the Brazilian standard in force.

Keywords: Mechanical properties. Analysis of Variance. Simplified method.

1 Introdução

A madeira é um material muito utilizado entre os seres humanos desde o começo da humanidade. Isso se deve ao fácil acesso ao material, produção e também ao seu manuseio, se comparado aos outros materiais da construção (concreto e aço). Além disso, possui um grande potencial e eficiência na área de estruturas, pois sua resistência, se comparada ao seu peso e também com a energia utilizada para sua produção, é um material muito promissor. Visto por essa perspectiva, possui grande vantagem sobre os outros materiais convencionais, além de ser renovável. (LAHR *et al.*, 2021)

O seu uso está cada vez mais conhecido e desejado devido à sua maior sustentabilidade quanto à produção e preservação do meio ambiente. Atualmente, sua utilização vem cada vez mais sendo viabilizada financeiramente, fazendo com que seu uso seja cada vez mais frequente. (ALMEIDA *et al.*, 2019) Além disso, também se evidencia que há países com tradição na construção de casas de madeira, especialmente os países Nórdicos, como é o caso da Finlândia (Figura 1.a), que tem experiência com o material há muito tempo (BIRZHAPLUS, 2021). Também se verifica que a utilização do material não se limita somente em ambientes de 1 pavimento (Figura 1.b). Um dos grandes feitos recentes do uso do material foi a construção do edifício “Mjøstårnet”, localizado na Noruega, contendo 18 andares e mais de 80 metros de altura (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Figura 1: Casa de madeira laminada colada na Finlândia (a) e edifício “Mjøstårnet” (b).



(a)



(b)

Fonte: (a) Birzhaplus (2021) e (b) Architecture (2021).

Já no Brasil o seu uso não é predominantemente comum. Parte desta realidade pode ser explicada pela sua forte tradição de construção em alvenaria de tijolos de barro herdada dos portugueses na sua colonização. Posteriormente, esta cultura continuou sendo alterada tecnologicamente por materiais mais processados como o concreto armado. A maior parte de

construções de madeiras é encontrada no Sul, devido à colonização de outros povos europeus. (PIGOZZO *et al.*, 2018)

Ainda não foi possível explorar de forma satisfatória o potencial desta área no país. O Brasil possui 8715 espécies de madeira e vasta cobertura vegetal, sendo 58% do território nacional coberto por vegetação. Portanto, tendo estes números, é possível inferir um grande potencial do material não somente para a construção civil, mas para vários outros usos, pois a madeira se mostra que é um material que pode ser utilizado em várias situações (CHRISTOFORO *et al.*, 2017.b). Para introduzir novas espécies de madeiras no setor da construção civil, é necessário que se conheça mais sobre a espécie. Para isso, realiza-se o processo de caracterização. (AQUINO, 2010)

Caracterização é o processo de determinar os parâmetros e características de uma madeira. A NBR 7190 (ABNT, 1997) dispõe 3 tipos de caracterização de madeiras: caracterização completa, caracterização mínima e caracterização simplificada. Para cada característica, há um ensaio padronizado, conforme o Anexo B da NBR 7190 (ABNT, 1997). A caracterização completa é inviável devido a quantidade de propriedades que precisa conhecer para o correto dimensionamento, além de demandar equipamentos que estão disponíveis apenas em poucos centros de pesquisas. Por este motivo, os métodos simplificados de caracterização passam a ser extremamente relevante no cálculo estrutural e caracterização de estruturas de madeira (LAHR *et al.*, 2021).

A caracterização simplificada, utilizada em espécies usuais, é permitido determinar somente a resistência à compressão paralela às fibras e, através dessa propriedade, estimar as outras utilizando relações entre propriedades. Como por exemplo, é possível estimar a resistência à tração paralela às fibras com o resultado do ensaio de compressão paralelo às fibras: $f_{t0,k} = f_{c0,k}/0,77$ (ABNT NBR 7190, 1997). Tendo esta outra modalidade de caracterização, ou seja, determinação de certos parâmetros de resistência através de outros, surgiu um interesse acadêmico maior em julgar as relações exibidas pela norma ou até determinar equações para estimativa das propriedades.

Cavalheiro *et al.* (2016.a) estudou a retração da madeira e utilizou a densidade como um estimador deste parâmetro para algumas espécies brasileiras. Os modelos de regressão que utilizaram coeficiente de anisotropia não foram satisfatórios. Por outro lado, os modelos que utilizaram densidade básica e densidade aparente foram significantes com bons coeficientes de determinação.

Almeida *et al.* (2016) verificou a possibilidade de utilizar a densidade para determinar a resistência característica à compressão paralela às fibras com a utilização de 3 espécies de madeiras brasileiras. Concluiu-se que é possível que em alguns casos a densidade possa não ser o melhor parâmetro estimador da resistência em questão.

Lahr *et al.* (2017) fez um estudo sobre os módulos de elasticidade longitudinal e transversal. Avaliou-se a equivalência ou não destas propriedades através de ensaios com 5 tipos de madeiras brasileiras. Concluiu-se que o valor da relação obtida estudo foi 75% diferente da NBR 7190 (1997), sugerindo uma possibilidade de alteração para um dimensionamento estrutural mais otimizado.

Aquino (2010) analisou as propriedades de uma espécie de madeira com vários locais de extração diferentes e realizou os ensaios conforme a NBR 7190 (ABNT, 1997). Com isso, houve a possibilidade de analisar a influência do fator regional nas propriedades da madeira e verificar se há diferenças e desvios significativos com os modelos determinados anteriormente. Verificou-se que o local de extração não era um grande influenciador das propriedades físicas e mecânicas da madeira.

Christoforo *et al.* (2020) realizou um trabalho que propõe uma maneira alternativa de se determinar o valor de resistência característica à compressão paralela as fibras. Utilizou-se de 4 modelos de distribuição probabilística e, após calculados os valores característicos, calculou-se a precisão dos valores com o auxílio da ferramenta ANOVA (análise de variância).

Tendo isto em mente, este trabalho tem como objetivo avaliar o método simplificado na determinação da resistência à tração paralela às fibras através da compressão paralela as fibras, analisando se a relação exibida pela norma brasileira de estruturas de madeira realmente confere com a realidade. Atualmente, a norma postula que o valor a ser utilizado é de 0,77. Contudo, a norma não é revisada há 24 anos e várias outras espécies foram caracterizadas e este valor pode estar equivocado.

2 Material e Métodos

Para avaliar a relação disposta em Norma, foi feita a compilação de dados da literatura (DIAS, 2000; LOBÃO *et al.*, 2004; LOGSDON *et al.*, 2005, 2007, 2008, 2013; JESUS *et al.*, 2015; CAVALHEIRO *et al.*, 2016.b; NASCIMENTO *et al.*, 2018; CHRISTOFORO *et al.*, 2017.a) dos valores característicos da resistência à compressão paralela às fibras e resistência à tração paralela às fibras para 62 espécies. A Tabela 1 apresenta as espécies utilizadas nesta pesquisa.

Tabela 1: Valores calculados através da técnica “Bootstrap”.

AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE VALORES CARACTERÍSTICOS DA RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO E TRAÇÃO PARALELA ÀS FIBRAS DE MADEIRAS TROPICAIS

Referência	Espécie	f _{c0,k}	f _{t0,k}	Referência	Espécie	f _{c0,k}	f _{t0,k}
Christoforo <i>et al.</i> (2017.a)	<i>Anandananthera colubrina</i>	41,4	53,2	Dias (2000)	<i>Hymenaea sp</i>	78,7	114,0
Dias (2000)	<i>Andira stipulacea</i>	42,4	59,0	Dias (2000)	<i>Hymenolobium petraeum</i>	44,5	56,5
Dias (2000)	<i>Apuleia leiocarpa</i>	65,4	81,3	Dias (2000)	<i>Hymenolobium sp.</i>	71,0	81,0
Jesus <i>et al.</i> (2015)	<i>Apuleia molaris</i>	57,5	74,3	Dias (2000)	<i>Luetzelburgia sp.</i>	58,9	80,8
Logsdon <i>et al.</i> (2008)	<i>Aspidosperma populifolium</i>	65,0	61,3	Dias (2000)	<i>Manilkara huberi</i>	79,5	109,4
Jesus <i>et al.</i> (2015)	<i>Astronium lecointei</i>	54,4	68,5	Logsdon <i>et al.</i> (2013)	<i>Martiodendron elatum</i>	71,9	60,1
Dias (2000)	<i>Bagassa Guianensis</i>	55,0	66,1	Dias (2000)	<i>Mezilaurus itauba</i>	68,4	72,6
Jesus <i>et al.</i> (2015)	<i>Bertholletia excelsa</i>	42,9	68,7	Nascimento <i>et al.</i> (2018)	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	48,0	6,1
Dias (2000)	<i>Calycophyllum multiflorum</i>	54,5	86,4	Jesus <i>et al.</i> (2015)	<i>Nectandra sp.</i>	58,4	91,4
Dias (2000)	<i>Calophyllum sp.</i>	51,0	47,4	Dias (2000)	<i>Ocotea odorifera</i>	44,5	92,5
Jesus <i>et al.</i> (2015)	<i>Caryocar villosum</i>	47,2	65,3	Dias (2000)	<i>Ocotea sp.</i>	42,1	53,5
Dias (2000)	<i>Cassia ferruginea</i>	36,4	59,4	Dias (2000)	<i>Parinari excelsa</i>	56,2	78,5
Dias (2000)	<i>Cedrela odorata</i>	30,4	41,6	Dias (2000)	<i>Peltophorum vogelianum</i>	61,1	64,0
Dias (2000)	<i>Cedrela sp.</i>	27,9	48,8	Dias (2000)	<i>Piptadenia macrocarpa</i>	55,6	77,3
Dias (2000)	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	28,9	45,7	Dias (2000)	<i>Planchonella pachycarpa</i>	43,1	83,5
Dias (2000)	<i>Clarisia racemosa</i>	73,5	74,2	Dias (2000)	<i>Pradosia sp.</i>	72,3	91,0
Dias (2000)	<i>Copaifera cf. ret</i>	44,1	52,7	Logsdon <i>et al.</i> (2005)	<i>Protium heptaphyllum</i>	56,0	51,4
Jesus <i>et al.</i> (2015)	<i>Copaifera langsdorffii</i>	47,6	53,5	Dias (2000)	<i>Qualea paraensis</i>	59,2	65,1
Jesus <i>et al.</i> (2015)	<i>Couratari oblongifolia</i>	42,6	81,4	Dias (2000)	<i>Qualea retusa</i>	52,1	37,7
Jesus <i>et al.</i> (2015)	<i>Couratari stellata</i>	66,6	102,5	Jesus <i>et al.</i> (2015)	<i>Quarea trichilioides</i>	57,0	83,5
Dias (2000)	<i>Dinizia Excelsa</i>	72,7	77,0	Cavalheiro <i>et al.</i> (2016.b)	<i>Schizolobium amazonicum</i>	20,0	27,0
Dias (2000)	<i>Diploporis incexis</i>	90,5	83,4	Dias (2000)	<i>Sebastiania commersoniana</i>	45,6	67,2
Dias (2000)	<i>Dipterix odorata</i>	96,2	90,6	Jesus <i>et al.</i> (2015)	<i>Simarouba amara</i>	27,3	34,2
Dias (2000)	<i>Erisma Uncinatum</i>	27,2	40,5	Jesus <i>et al.</i> (2015)	<i>Tabebuia heptaphylla</i>	63,6	68,3
Lobão <i>et al.</i> (2004)	<i>Eucalyptus grandis</i>	54,2	65,4	Dias (2000)	<i>Tabebuia serratifolia</i>	62,9	75,9
Jesus <i>et al.</i> (2015)	<i>Glycydendron amazonicum</i>	50,4	61,7	Dias (2000)	<i>Tachigali myrmecophila</i>	75,8	77,6
Dias (2000)	<i>Goupia glabra</i>	39,9	54,1	Dias (2000)	<i>Tapirira sp.</i>	43,7	51,1
Dias (2000)	<i>Goupia paraensis</i>	55,3	75,2	Dias (2000)	<i>Vataireopsis araroba</i>	45,3	49,1
Logsdon <i>et al.</i> (2008)	<i>Guarea trichilioides</i>	57,0	83,5	Logsdon <i>et al.</i> (2007)	<i>Vochysia guianensis</i>	54,6	32,1
Jesus <i>et al.</i> (2015)	<i>Helicostylis podogyne</i>	58,1	43,9	Dias (2000)	<i>Vochysia haenkeana</i>	48,7	51,0
Dias (2000)	<i>Vatairea sp.</i>	51,1	70,4	Dias (2000)	<i>Votairea fusca</i>	47,7	51,0

Fonte: Elaboração própria.

Para avaliar quais são os melhores valores de λ da Equação 1, optou-se pela utilização da técnica estatística de análise de variância Bootstrap, realizada no *software* BioEstat 5.0. Esta técnica de reamostragem consiste em, através do valor de resistência à compressão e valores aleatórios de λ , encontrar novos valores de resistência à tração. Após encontrar esses valores de resistência à tração, é possível verificar, através do valor real da resistência à tração, qual seria o λ ideal. Para este caso, optou-se em variar o λ de 0,60 a 1 (41 valores gerados). Com este intervalo de 41 valores de λ e a utilização de 62 espécies para a análise estatística, foram gerados um total de 2542 dados simulados.

$$f_{c0,k} = \lambda \cdot f_{t0,k} \rightarrow f_{t0,k} = \frac{f_{c0,k}}{\lambda} \quad (1)$$

O nível de significância (α) da ANOVA a ser considerado foi de 5%. A hipótese nula (H_0) consistiu em considerar que os grupos de valores característicos obtidos pela literatura e estimados com base no fator λ eram equivalentes, e como hipótese alternativa (H_1) que os grupos eram distintos. Assim, o P-valor (Probabilidade de P) do teste superior a 5% de significância denotou equivalência dos grupos (aceitação de H_0), e da não equivalência com o P-valor menor que 5%.

Após a geração dos dados para a análise estatística, antes de realizar a análise de variância, é necessário verificar o comportamento dos dados quanto à sua normalidade. Esta verificação é necessária porque o comportamento dos dados influencia em qual tipo de procedimento será realizado na análise de variância. Neste trabalho em questão, foi realizado teste de normalidade de Kruskal-Wallis, também feito no *software* BioEstat 5.0.

A técnica de análise de variância de Kruskal-Wallis considera as seguintes hipóteses: H_0 (as médias são iguais) e H_1 (as médias não são iguais). No caso do estudo em questão, os grupos que são comparados são o valor da resistência de tração característica proveniente de dados de ensaios e os valores provenientes da técnica Bootstrap. Isso implica que, no caso de as médias serem iguais, a aproximação dos valores utilizando o fator λ foi boa. Caso contrário, significa que não foi uma boa maneira de se aproximar e é necessário adotar outro valor para o fator λ .

3 Resultados da pesquisa

3.1 Análise de normalidade

Os resultados do teste de normalidade são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados do teste de Lilliefors.

AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE VALORES CARACTERÍSTICOS DA RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO E TRAÇÃO PARALELA ÀS FIBRAS DE MADEIRAS TROPICAIS

Tamanho da Amostra	2666
Desvio Máximo	0,0456
Valor crítico (0,05)	0,0172
Valor crítico (0,01)	0,0200
p(valor)	< 0,01

Fonte: Elaboração própria.

Conforme pode-se notar, um desvio máximo de 0,0456 foi obtido, sendo que o valor crítico é de 0,0172. Como $D_n > p(0,05)$, conclui-se que a distribuição não é normal. Devido a isso, a análise de variância deve ser feita com a ANOVA de Kruskal-Wallis.

3.2 Análise de variância

Após realizada a verificação da normalidade da amostra gerada pela simulação pela técnica Bootstrap, utiliza-se a análise de variância a fim de verificar quais são os valores de λ que são bons ($p\text{-valor} > 0,05$) e também o melhor valor ($p\text{-valor}$ mais próximo de 1). Para cada valor de λ , foi obtido um $p\text{-valor}$ de Kruskal-Wallis. Com isso, foi possível gerar uma tabela relacionando cada valor de λ com seus respectivos $p\text{-valores}$ provenientes da ANOVA de Kruskal-Wallis (Tabela 3).

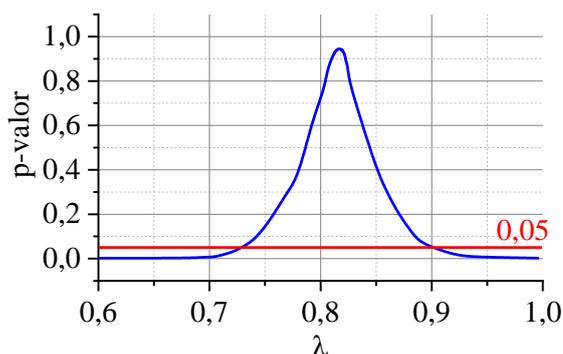
Tabela 3: Relação entre λ e $p\text{-valores}$.

λ	P-valor	λ	P-valor	λ	P-valor
0,60	0,0000	0,74	0,0901	0,88	0,1200
0,61	0,0000	0,75	0,1417	0,89	0,0772
0,62	0,0000	0,76	0,2060	0,90	0,0500
0,63	0,0000	0,77	0,2893	0,91	0,0324
0,64	0,0000	0,78	0,3871	0,92	0,0206
0,65	0,0000	0,79	0,5570	0,93	0,0122
0,66	0,0001	0,80	0,7189	0,94	0,0071
0,67	0,0004	0,81	0,8867	0,95	0,0043
0,68	0,0010	0,82	0,9323	0,96	0,0024
0,69	0,0023	0,83	0,7189	0,97	0,0014
0,70	0,0054	0,84	0,5519	0,98	0,0009
0,71	0,0133	0,85	0,3996	0,99	0,0004
0,72	0,0278	0,86	0,2791	1,00	0,0003
0,73	0,0500	0,87	0,1937	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Além disso, para uma melhor visualização dos resultados, elaborou-se um gráfico utilizando os dados da tabela acima. Na Figura 2, a curva em azul representa a curva aproximada do comportamento contínuo da variável λ utilizando os dados da Tabela 3. A reta em vermelho mostra o limite de bons valores (p-valor de 0,05).

Figura 2: Gráfico mostrando a relação entre λ e p-valor.



Fonte: Elaboração própria.

Tendo os resultados dispostos acima, pode-se afirmar que o intervalo de bons valores encontrado foi de λ variando de 0,73 até 0,90. Além disso, pode-se afirmar que, utilizando os dados da literatura referenciados, assim como o método enunciado, o melhor valor a se utilizar no item 6.3.3 da NBR 7190 (ABNT, 1997) é de 0,82, visto que seu p-valor foi de 0,9323 (próximo de 1). Sendo assim, fica evidente que a normativa brasileira precisa passar por revisão, visto que está superdimensionando a resistência à tração das madeiras brasileiras.

4 Conclusão

Com os resultados obtidos, pode-se concluir que a norma brasileira de estruturas em madeira NBR 7190 (ABNT, 1997) precisa passar por revisão. Visto que possui 25 anos desde a sua publicação, as espécies utilizadas na sua concepção são diferentes ou até mesmo em menor quantidade do que conhecemos hoje em dia. Em consequência disso, os valores mostrados, principalmente as relações do método simplificado, são desatualizados. A relação entre a resistência a compressão e tração paralela às fibras é definida como sendo 0,77. Porém, esta pesquisa mostra que o valor ideia seria de 0,82, apresentando uma diferença de 6,50%. Tendo isso em consideração, recomenda-se este novo valor de 0,82 para a primeira equação do item 6.3.3 da NBR 7190 (ABNT, 1997) na sua nova revisão, sendo um valor mais conservador e seguro, pois o valor de resistência à tração paralela às fibras será sempre calculado através do valor de resistência à compressão paralela às fibras e nunca ao contrário.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

Referências

ARCHITECTURE: The World's Tallest Timber-Framed Building Finally Opens Its Doors. Disponível em: < <https://www.architecturaldigest.com/story/worlds-tallest-timber-framed-building-finally-opens-doors>>, acessado em março de 2021.

ALMEIDA, T. H.; ALMEIDA, D. H.; ARROYO, F. N.; ARAUJO, V. A.; CHAHUD, E.; BRANCO, L. A. M. N.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Time of exposure at 60 °C service temperature: influence on strength and modulus of elasticity in compression parallel to the grain of hardwood species. **BioResources**, v. 14, p. 207-219, 2019.

ALMEIDA *et al.* Density as Estimator of Strength in Compression Parallel to the Grain in Wood. **International Journal of Materials Engineering**, v. 6, n. 3, p. 67–71, 2016.

AQUINO, V. B. M. Análise das relações entre propriedades físicas e mecânicas em diferentes regiões de extração da madeira de cambará (*Erisma uncinatum* Warm.). 2010. 67p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

BIRZHAPLUS. Disponível em: < <https://birzhaplus.ru/domik-po-finskoj-tehnologii/>>, acessado em março de 2021.

CAVALHEIRO, S. R. *et al.* Density as Estimator of Shrinkage for Some Brazilian Wood Species. **International Journal of Materials Engineering**, v. 6, n. 3, p. 107–112, 2016a.

CAVALHEIRO, S. R. *et al.* Mechanical Properties of Paricá Wood Using Structural Members and Clear Specimens. **International Journal of Materials Engineering**, v. 6, n. 2, p. 56–59, 2016b.

CHRISTOFORO, A. L. *et al.* Physico-mechanical characterization of the anadenanthera colubrina wood specie. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 2, p. 376–384, 2017.a.

CHRISTOFORO, A. L.; ARROYO, F. N.; SILVA, D. A. L.; PANZERA, T. H.; LAHR, F. A. R. Full characterization of *Calycophyllum multiflorum* wood specie. **Engenharia Agrícola**, v. 37, p. 637-643, 2017.b.

CHRISTOFORO, A. L. *et al.* Alternative model to determine the characteristic strength value of wood in the compression parallel to the grain. **Maderas. Ciencia y tecnología**, v. 22, n. ahead, p. 0–0, 2020.

DIAS, F. M. A DENSIDADE APARENTE COMO ESTIMADOR DE PROPRIEDADES DE

RESISTÊNCIA E RIGIDEZ DA MADEIRA. 2000. 146p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

JESUS, J. M. H.; LOGSDON, N. B.; FINGER, Z. Classes de Resistência de Algumas Madeiras de Mato Grosso Strength classes of resistance of some timbers from Mato Grosso. **Engineering and Science**, v. 1, n. 3, p. 35–42, 2015.

LAHR, F. A. R. *et al.* Módulo de elasticidade transversal e longitudinal da madeira: Relações baseadas nos ensaios de flexão. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 39, n. 4, p. 433–437, 2017.

LAHR, F. A. R.; ARROYO, F. N.; RODRIGUES, E. F. C.; ALMEIDA, J. P. B.; AQUINO, V. B. M.; WOLENSKI, A. R. V.; SANTOS, H. F.; FERRAZ, A. L. N.; CHAHUD, E.; MOLINA, J. C.; PINHEIRO, R. V.; CHRISTOFORO, A. L. Models to Estimate Longitudinal Compressive Strength of Brazilian Hardwood Based on Apparent Density. **BioResources**, v. 16, p. 1373-1381, 2021.

LOBÃO, M. S. *et al.* Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 889–894, 2004.

LOGSDON, N. B.; FINGER, Z.; Caracterização da madeira de Cambará, **Vochysia guianensis Aubl.** p. 57–69, 2007.

LOGSDON, N. B.; FINGER, Z.; BORGES, C. G. A. Caracterização físico-mecânica da madeira de peroba-mica, *Aspidosperma populifolium*. **Floresta**, v. 38, n. 1, p. 11–21, 2008.

LOGSDON, N. B.; FINGER, Z.; DE MENDOZA, Z. M. DOS S. H. Caracterização físico-mecânica da madeira de tamarindo, *Martiodendron elatum* (Ducke) Gleason. **Multitemas**, n. 44, p. 97-119, 2013.

LOGSDON, N. B.; FINGER, Z.; SILVA, E. Caracterização físico-mecânica da madeira de Cedro-marinho, *Guarea trichilioides L.* (Meliaceae). **Scientia Forestalis**, p. 43–51, 2005.

NASCIMENTO, M. *et al.* Physical and Mechanical Properties of Sabiá Wood (*Mimosa caesalpiniaefolia Benth.*). **Current Journal of Applied Science and Technology**, v. 25, n. 4, p. 1–5, 2018.

OLIVEIRA, G. O. B.; PINHEIRO, R. V.; ARROYO, F. N.; ALMEIDA, D. H.; ALMEIDA, T. H.; SILVA, D. A. L.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Technical Feasibility Study of the Use of Softwoods in Lattice Structure -Howe- Type for Roofing (Gaps between 8-18 Meters). **Current Journal of Applied Science and Technology**, p. 1-8, 2019.

PIGOZZO, J. C.; ARROYO, F. N.; CHRISTOFORO, A. L.; ALMEIDA, D. H.; CALIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. R. Behavior of Shear Connectors Formed by Bonded-in X Type Steel Bars in Wood-Concrete Specimens. **Current Journal of Applied Science and Technology**, v. 28, p. 1-8, 2018.