

# PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE TRÊS ESPÉCIES DE MADEIRA PROVENIENTES DE ÁREAS CERTIFICADAS DA FLORESTA AMAZÔNICA

Francisco Antonio Rocco Lahr – (frocco@sc.usp.br) – USP;

Eduardo Chahud – (echahud@gmail.com) - FEA-FUMEC/MG;

Arthur Couto Mantese

Osmar Barros Júnior (obarros@uniara.com.br) - UNIARA;

Vitor Cantolini Theodoro de Souza

## RESUMO

Presentemente, ocorre a disponibilização para o mercado consumidor de novas espécies de madeira tropicais. Este fato estabelece a necessidade de serem definidas, entre tais essências, aquelas que apresentem desempenho compatível para substituir as tradicionalmente admitidas como adequadas para a construção de estruturas. Importa destacar, também, que os atuais requisitos de exploração sustentada dos recursos florestais têm exigido dos produtores as providências para certificar a madeira a comercializar. Com base nas recomendações da NBR7190 (1997), Anexo B, neste trabalho foi feita a caracterização completa de três espécies tropicais provenientes do Norte do Mato Grosso: Abuí (*Pouteria* sp); Quina Rosa (*Chinchona* sp); Tatajuba (*Bagassa guianensis*). Os resultados obtidos para as propriedades estudadas confirmam seu potencial para emprego estrutural.

**Palavras-chave:** Espécies tropicais de madeira; Propriedades físicas e mecânicas; Áreas de Floresta Certificada

## ABSTRACT

Presently, several new wood species are available in tropical timber market. This fact establishes the necessity of defining, among them, those whose performance are compatible to substitute the well-known species used in structures

construction. It is opportune appoint that sustainability requirements of exploiting tropical forests demand providences to producers in order to certificate the commercial timber. Based on the recommendations of NBR7190, in its Annex B, in this work three wood species from certificated areas of Mato Grosso State (Alta Floresta and Sinop region) were characterized: Abuí (*Pouteria* sp); Quina Rosa (*Chinchona* sp); Tatajuba (*Bagassa guianensis*). Results confirm the species potential for structural uses.

**Keywords:** Tropical wood species; Physical and mechanical properties; Forest certificated areas.

## INTRODUÇÃO

Um dos materiais mais utilizados pelo homem ao longo da história, a madeira está diretamente relacionada à solução de problemas como a habitação; a travessia de obstáculos naturais e/ou artificiais; a construção de veículos para os diferentes meios de transporte; ao armazenamento de produtos agrícolas; a confecção de móveis e embalagens, entre outros. A versatilidade da madeira sempre foi fundamental para o atendimento das necessidades humanas.

De modo análogo, o Brasil vivencia esta situação. A disponibilidade da madeira fez seu emprego experimentar larga expansão, abrangendo cada vez mais novas possibilidades de aplicação na construção de estruturas: coberturas, pontes, passarelas, silos, cimbramentos e escoramentos. As respectivas construções foram viabilizadas em função das propriedades altamente satisfatórias de espécies como: Aroeira (*Astronium urundeuva*); Cabreúva Vermelha (*Myroxylum balsamum*); Pau Marfim (*Balforodendron riedelianum*); Peroba Rosa (*Aspidosperma polyneuron*); Pinho do Paraná (*Araucaria angustifolia*).

O uso indiscriminado da madeira dessas espécies, particularmente a partir do início dos anos 1980, originou os primeiros sinais de esgotamento. A iminência da escassez provocou sistemático aumento dos preços, até se atingirem patamares elevados, reduzindo a probabilidade de seu uso nas quantidades até então registradas. Trata-se, assim, de um novo momento no setor madeireiro do país, com a necessidade de serem definidas, entre as essências nativas em fase inicial de exploração comercial, aquelas que possam substituir as tradicionalmente admitidas como adequadas para a construção de estruturas.

Importa destacar, também, que os atuais requisitos de exploração sustentada dos recursos florestais tem exigido dos produtores as providências para certificar a madeira a

comercializar. Assim, cresce a necessidade de conhecer o comportamento físico mecânico das novas essências que, aos poucos, vão ganhando espaço entre os segmentos consumidores.

Nestas circunstâncias passaram a ocupar a atenção dos profissionais envolvidos com o problema: a falta de informações consistentes a respeito das propriedades físicas, de resistência e de elasticidade das espécies agora disponíveis em quantidade e preço compatíveis, e o restrito número de institutos de pesquisa interessados na caracterização dessas espécies. Estes fatos marcam a importância da implantação e da manutenção de programas desta natureza e motivam o Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM), do Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP), para o desenvolvimento correspondente.

Os resultados até aqui obtidos mostraram a importância de serem mantidos programas de estudo deste tipo. A divulgação tem sido sistemática em congresso no país e alguns certames de abrangência internacional, bem como em periódicos da área. Embora de conhecimento geral, é conveniente registrar os aspectos contidos no texto do Anexo B, da NBR 7190: Projeto de Estruturas de Madeira, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que valoriza sobremaneira a caracterização de espécies para uso estrutural:

- Inclui todas as propriedades relevantes para o dimensionamento de peças estruturais;
- Adota a umidade de referência de 12%, o que conduz a valores mais elevados das propriedades de resistência e de elasticidade, com reflexos diretos no dimensionamento de peças estruturais, além de agregar tecnologia e valor comercial ao material;
- Permite uma amostragem que possibilita a obtenção de resultados confiáveis com a realização de um número não muito elevado de ensaios.

O texto normativo da NBR 7190, em seu Anexo E, apresenta os resultados obtidos no SET/LaMEM para as essências tropicais já estudadas, demonstrando não somente a relevância do trabalho como também a necessidade da plena divulgação dos resultados para a comunidade brasileira voltada para o projeto e a construção de estruturas de madeira.

O assunto deve ser abordado continuamente. Cada vez mais o mercado consumidor se depara com novas espécies de madeira (o número de espécies tropicais é superior a quatro mil, de acordo com os registros de alguns autores) e sua caracterização é fundamental para que sejam alcançados níveis racionais de emprego do material, garantindo para a madeira e para as estruturas de madeira a competitividade de

custo aliada aos indispensáveis aspectos de segurança, além da redução da demanda por espécie de uso consagrado, com a disseminação do emprego de madeira originária de áreas de floresta certificada.

## MATERIAIS E MÉTODOS

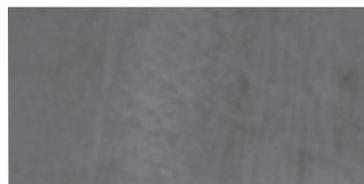
### MATERIAIS

Para o desenvolvimento da parte experimental do trabalho, foram utilizadas as seguintes espécies tropicais, dicotiledôneas:

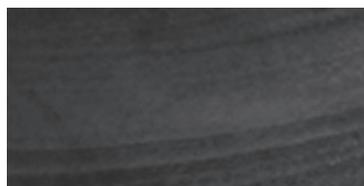
- Abuí (*Pouteria sp*) – origem: Norte do Estado de Mato Grosso



- Quina Rosa (*Chinchona sp*) – origem: Norte do Estado de Mato Grosso



- Tatajuba (*Bagassa sp*) – origem: norte do Estado de Mato Grosso



Tais espécies vêm sendo gradativamente introduzidas no mercado madeireiro do país, em particular nas regiões sul e sudeste.

Optou-se pela caracterização completa das espécies. Assim, foram feitos ensaios em corpos-de-prova retirados de doze peças, de dimensões nominais 6cm x 12cm x 300cm. Tais peças foram objeto de aquisição em depósitos de madeira da cidade de São Carlos e da região, em ocasiões distintas. Assim, procurou-se garantir a aleatoriedade das amostras estudadas.

## MÉTODOS

Os ensaios para a determinação das propriedades físicas e mecânicas foram realizados no LaMEM/SET/EESC/USP seguindo-se as recomendações do Anexo B (Determinação das propriedades das madeiras para projeto de estruturas), integrante do documento normativo NBR 7190. Foram determinadas:

- Resistência à compressão paralela às fibras:  $f_{c0}$  (MPa)
- Módulo de elasticidade longitudinal - compressão paralela às fibras:  $E_{c0}$  (MPa)
- Resistência à tração paralela às fibras:  $f_{t0}$  (MPa)
- Módulo de elasticidade longitudinal - tração paralela às fibras:  $E_{t0}$  (MPa)
- Módulo de resistência na flexão estática:  $f_M$  (MPa)
- Módulo de elasticidade longitudinal - flexão estática:  $E_{M0}$  (MPa)
- Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras:  $f_{v0}$  (MPa)
- Resistência à tração normal às fibras:  $f_{t90}$  (MPa)
- Resistência ao fendilhamento:  $f_{s0}$  (MPa)
- Dureza paralela às fibras:  $f_{H0}$  (MPa) e dureza perpendicular às fibras:  $f_{H90}$  (MPa)
- Massa específica aparente:  $1_{ap}$  ( $g/cm^3$ )
- Retração nas direções radial:  $2_{r,2}$ (%) e tangencial:  $2_{r,3}$ (%)

A análise dos resultados foi realizada no âmbito do Programa de Pós-Graduação Civil da Fundação Mineira de Educação e Cultura (FUMEC), tendo sido empregados procedimentos estatísticos usuais. A análise foi efetuada através de programas específicos, de uso comum em trabalhos desta natureza.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas 1 a 3, apresentadas a seguir, constam os resultados das propriedades determinadas.

**Tabela 1: Propriedades da espécie Abui**

Propriedade	Valor médio	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
$1_{ap}(g/cm^3)$	0,73	0,05	0,07
$2_{r,2}$ (%)	3,7	0,95	0,26
$2_{r,3}$ (%)	7,2	1,25	0,18
$f_{c0}$ (MPa)	58	12	0,20
$f_{t0}$ (MPa)	71	20	0,27
$f_{t90}$ (MPa)	2,5	0,92	0,36
$f_{v0}$ (MPa)	13	3	0,23
$f_{s0}$ (MPa)	0,4	0,12	0,26

$f_M$ (MPa)	84	16	0,19
$E_{c0}$ (MPa)	13741	2253	0,16
$E_{t0}$ (MPa)	13825	2933	0,21
$E_{M0}$ (MPa)	13548	2472	0,18
$f_{H0}$ (MPa)	86	9	0,11
$f_{H90}$ (MPa)	53	5	0,10

**Tabela 2: Propriedades da espécie Quina Rosa**

Propriedade	Valor médio	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
$1_{ap}(g/cm^3)$	0,84	0,03	0,03
$2_{r,2}$ (%)	*	*	*
$2_{r,3}$ (%)	*	*	*
$f_{c0}$ (MPa)	59	3	0,05
$f_{t0}$ (MPa)	117	28	0,24
$f_{t90}$ (MPa)	3	1,5	0,52
$f_{v0}$ (MPa)	15	3	0,17
$f_{s0}$ (MPa)	0,7	0,1	0,17
$f_M$ (MPa)	112	13	0,12
$E_{c0}$ (MPa)	33089	6970	0,21
$E_{t0}$ (MPa)	24462	3429	0,14
$E_{M0}$ (MPa)	25549	1828	0,07
$f_{H0}$ (MPa)	94	7	0,07
$f_{H90}$ (MPa)	71	6	0,08

**Tabela 3: Propriedades da espécie Tatajuba**

Propriedade	Valor médio	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
$1_{ap}(g/cm^3)$	0,75	0,10	0,13
$2_{r,2}$ (%)	*	*	*
$2_{r,3}$ (%)	*	*	*
$f_{c0}$ (MPa)	79	3	0,04
$f_{t0}$ (MPa)	105	20	0,19
$f_{t90}$ (MPa)	3,5	1	0,36
$f_{v0}$ (MPa)	18	2	0,12
$f_{s0}$ (MPa)	0,6	0,12	0,21
$f_M$ (MPa)	118	18	0,15
$E_{c0}$ (MPa)	25242	3357	0,13
$E_{t0}$ (MPa)	19568	4237	0,22
$E_{M0}$ (MPa)	19968	1386	0,07
$f_{H0}$ (MPa)	115	13	0,11
$f_{H90}$ (MPa)	84	9	0,10

\* resultados ainda não disponíveis

As amostras apresentaram coeficientes de variação compatíveis com os adotados pela NBR 7190. Por exemplo, até 0,20 para a compressão paralela às fibras; até 0,28 para a tração paralela às fibras e para o cisalhamento paralelo às fibras.

## CONCLUSÕES

A determinação de propriedades físicas, de resistência e de elasticidade das cinco espécies tropicais leva à possibilidade de apontar as seguintes conclusões:

1. De acordo com as informações contidas no Anexo E (Valores médios usuais de resistência e rigidez de algumas madeiras nativas e de florestamento) da NBR7190 (Projeto de Estruturas de Madeira), da ABNT, registra-se:
  - A espécie Abiú pode ser comparada à Oiticica Amarela e ao Angelim Pedra, usualmente empregadas em estruturas;
  - A espécie Quina Rosa pode ser comparada à Canafístula e à Cupiúba, usualmente empregadas em estruturas;
  - A espécie Tatajuba pode ser comparada à Cupiúba e à Garapa, usualmente empregadas em estruturas.
2. Diante do que consta no item 1, todas as espécies estudadas apresentam propriedades que permitem admitir seu potencial para emprego em estruturas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). NBR7190 – *Projeto de estruturas de madeira*. Rio de Janeiro, 107p.

BOLZA, E.; KLOOT, N. H. *The mechanical properties of 174 Australian timbers*. Division of Forest Products, Research Organization, 1963, 112p.

FARIA, O. B. (1993). *Influência da umidade no módulo de elasticidade longitudinal da madeira*. São Carlos, 1983, 67p. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

HELLMEISTER, J. C. *Sobre a determinação das características físicas da madeira*. São Carlos, 1983. 112p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. (1956). *Madeiras nacionais: tabelas de resultados de ensaios físicos e mecânicos*. Boletim 31, São Paulo, Brasil, 1956, 60p.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ Jr, W. A. *Principles of wood science and technology*. Berlin, Spring Verlag, 1968, 592 p.

LOGSDON, N. B. *Influência da umidade nas propriedades de resistência e de rigidez da madeira*. São Carlos, 1998, 174p.

Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MACLEAN, J. D. *Effect of heating in water on the strength properties of wood*. Washington, USA, American Wood-Preservers Association, 1954, 120p.

MATEUS, T. J. E. *Bases para o dimensionamento de estruturas de madeira*. Lisboa, Portugal, LNEC, 1961, 308p.

MEYER, P. L. *Probabilidade: Aplicações à Estatística*. Rio de Janeiro, Brasil, Ao Livro Técnico, 1972, 391p.

OZELTON, E. C.; BAIRD, J. A. *Timber designer's manual*. Londres, Crosby Lock Wood Staples, 1976, 278p.

PARKER, H. *Diseño simplificado de estructuras de madera*. México, Editorial Limusa-Wiley, 1972, 216p.

PIGOZZO, J. C. *Influência da umidade e da densidade na resistência à compressão da madeira*. Dissertação (Mestrado), 1982. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ROCCO LAHR, F. A. *Considerações a respeito da variabilidade das propriedades de resistência e de elasticidade da madeira*. São Carlos, 1990. Tese (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 162p.

TANAAMI, R. G. *Influência da umidade e da densidade em propriedades de resistência e elasticidade à flexão da madeira*. São Carlos, 1986, 203p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

WILSON, T. R. C. *Strength-moisture relations for wood*. Washington, USA, 1932, 88p.