

---

## ANÁLISE DE PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE MADEIRAS UTILIZADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO SUL DE MINAS GERAIS

Analysis of physical-mechanical properties of wood used in civil construction in the south of minas gerais

---

Julia Naves Teixeira<sup>1,2,3</sup>, Nayara Eliza de Melo Araújo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade José do Rosário Vellano-Alfenas-MG, Brasil.

<sup>2</sup> Centro Univeristário de Lavras- Lavras-MG, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Lavras-Lavras – MG, Brasil.

---

### RESUMO

A madeira como material de construção civil, apresenta vantagens quanto à sustentabilidade, por ser uma matéria prima renovável e com baixo impacto ambiental. Diante disto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar de forma simplificada as propriedades físico-mecânicas de espécies de madeiras utilizadas pelo setor de construção civil para conhecimento dos profissionais da área, incentivando assim o uso correto do material. Para isso foi feito um levantamento das espécies mais utilizadas no Sul de Minas. Após pesquisa bibliográfica as espécies escolhidas foram eucalipto, ipê e jatobá, as tábuas das mesmas foram adquiridas no comércio de Três Corações MG e foram realizados os ensaios de umidade, densidade básica, densidade aparente e retração conforme a NBR 7190 (ABNT 1997) e compressão, MOE (Módulo de Elasticidade) e MOR (Módulo de Ruptura) à flexão estática conforme a norma ASTM D143/83 (1983). A espécie com melhor desempenho foi o Ipê.

**Palavras-chave:** Madeira. Construção Civil. Propriedades físicas. Resistência.

---

### ABSTRACT

Wood as a building material presents advantages in terms of its concept of sustainability, as it is a renewable raw material with low environmental impact. Therefore, the objective of this research was to evaluate, in a simplified way, the physical-mechanical properties of wood species used by the civil construction sector, which are familiar to professionals in the area, thus encouraging the correct use of the material. For this was done a survey of the most used species in the South of Minas. After a bibliographic search, the species chosen were eucalyptus, ipê and jatobá, the tables were obtained from Três Corações MG and moisture, basic density, apparent density and shrinkage tests according to NBR 7190 (ABNT 1997) and compression, MOE and MOR at static flexion in accordance with ASTM D143 / 83 (1983), the best performing species was Ipê.

**Keywords:** Wood. Construction. Physical properties. Resistance.

---

## INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização até os dias atuais, a madeira é um material muito utilizado. A arte de trabalhar com a madeira iniciou-se desde o aparecimento do homem na a terra. Na construção civil, a madeira é considerada uma excelente matéria-prima. Além de ser um recurso construtivo renovável, apresenta algumas vantagens como alto índice de resistência específica, baixo consumo de energia no seu processamento, absorção de CO<sub>2</sub> e é um material esteticamente atraente (ZENID, 2009).

A natureza da madeira exige uma atenção especial quanto a combinação das ações atuantes na estrutura, o que permite a estimativa mais adequada das propriedades de rigidez e resistência até o final da vida útil considerada no projeto (ALMEIDA 2000).

Na escolha da madeira correta para um determinado uso, devem ser consideradas quais são as propriedades da determinada espécie. Esse procedimento é primordial principalmente em países tropicais como o Brasil onde há abundância do número de espécies de madeiras existentes na floresta (ZENID, 2009).

O uso estrutural da madeira no Brasil ainda é incipiente, principalmente daquela oriunda de florestas plantadas. O limitado emprego da madeira para tal fim pode ser atribuído à baixa durabilidade natural, ao pouco conhecimento de suas propriedades, à indefinição de padrões e, até mesmo, aos conceitos culturais (HASELEIN, CECHIN, SANTINI, GATTO, 2000).

De acordo com Zenid et. al (2003) no mercado de Minas Gerais as espécies que vêm apresentando maior comercialização são ipê, jatobá, eucalipto. O Ipê é a espécie de uso mais diversificado, usada para a fabricação de pranchas, tábuas, assoalhos, tacos, batentes, lambris, vigamentos, móveis e marcenaria. O Jatobá é mais comercializado na forma de pranchas e tábuas para acabamentos e estruturalmente.

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi levantar informações bibliográficas sobre o uso da madeira na construção civil na região do sul de Minas Gerais e avaliar as propriedades de resistência à compressão paralela, densidade básica, densidade aparente, flexão estática e retração das mesmas a fim de esclarecer as qualidades das espécies para justificar seus usos em determinados segmentos de edificações.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste estudo de caráter bibliográfico e experimental, foram inicialmente realizadas pesquisas bibliográficas em artigos, teses, dissertações, monografias e relatórios técnicos relacionados ao assunto, levantando-se usos da madeira na construção civil e as principais espécies usadas no Sul de Minas Gerais.

Após o desenvolvimento da pesquisa e a determinação das espécies, foram coletadas as amostras de eucalipto (*eucalyptus grandis*), ipê (*Handroanthus albus*) e jatobá (*Hymenaea courbaril*) adquiridas na região de Três Corações- MG e Lavras - MG. As amostras foram encaminhadas a Unidade Experimental de Painéis de Madeira no departamento de ciências florestais da Universidade Federal de Lavras.

No laboratório as tábuas foram passadas em desengrosso para adquirir a espessura adequada para confecção dos corpos de prova, após este procedimento os corpos de prova foram cortados conforme as normas e levados a sala de climatização em condições de umidade á 65% ± 5% e temperatura à 22°C ± 2°C para a sua saturação. A quantidade de corpos de provas ensaiados por espécie foi de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Amostragem dos corpos de prova ensaiados de acordo com a norma NBR 7190/1997

(ABNT,1997)

PROPRIEDADES	ESPÉCIES		
	IPÊ	JATOBÁ	EUCALIPTO
Compressão Paralela	12	12	12
Flexão Estática	12	12	12
Densidade Básica	6	6	6
Densidade Aparente	6	6	6
Retração	12	12	12

Fonte: Autores

Após a estabilização da massa climatizada dos corpos de prova foram iniciados os ensaios de resistência mecânica à compressão paralela às fibras, flexão estática e ensaios físicos de densidade básica e aparente e retração nas espécies selecionadas de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Determinação das principais madeiras e normas usadas

PROPRIEDADES	NORMAS
Compressão Paralela As Fibras	ASTM D143-83/1983
Flexão Estáticas	ASTM D143-83/1983
Densidade Básica	NBR 11941/2003 (ABNT,2003)
Densidade Aparente	NBR 7190/1997 (ABNT,1997)
Retração	NBR 7190/1997 (ABNT,1997)

Fonte: Autores

A partir dos dados obtidos, foi realizada a análise estatística com o programa Sisvar e o teste Scott – Knott com significância de 5%, a partir da análise foram elaborados gráficos contendo as espécies selecionadas e a classe de resistência das mesmas.

Experimentos realizados com as espécies selecionadas

Ensaio mecânicos

Compressão paralela às fibras

O ensaio de compressão paralela foi realizado na máquina universal de ensaios (Figura 1), de acordo com a norma ASTM D143-83 (1983), utilizando corpos de prova (Figura 2) de dimensões 25 x 25 x 100 mm.

Figura 1: Ensaio de compressão paralela às fibras desenvolvido na Máquina universal de ensaio com 2mm/min de velocidade.



Fonte: Autores

Figura 2: Corpos de prova compressão paralela as fibras



Fonte: Autores

### Flexão Estática

Os ensaios de flexão foram realizados na máquina universal de ensaios (Figura 3) de acordo com a ASTM D143-83 (1983), que foram feitos pelo método secundário, utilizando corpos de prova (Figura 4) de dimensões 25 x 25 x 410 mm.

Figura 3: Ensaio de flexão estática, desenvolvido pela Máquina universal de ensaio com 2mm/min de velocidade.



Fonte: Autores

Figura 4: Corpos de prova flexão estática



Fonte: Autores

## Ensaio físicos

### Densidade aparente

De acordo com a norma NBR 7190 (ABNT,1997) a densidade aparente é uma massa específica convencional, definida pela razão entre a massa e o volume de corpos de prova com teor de umidade de 12%, é desenvolvida do seguinte modo:

- Corpos de prova 2,5 x 2,5 x 5mm (Figura 5);

Figura 5: Corpos de prova Densidade básica



Fonte: Autores

- Com os corpos de prova cortados nos tamanhos especificados coloca-los na climatização e fazer a pesagem continuamente até que estabilize para ter o peso certo da massa em climatização.
- Com a massa na climatização estável, são colocados os corpos de prova na estufa (Figura 6) a 103° C fazendo a pesagem da massa seca.

Figura 6: Corpos de prova densidade aparente seco em estufa a 103°C



Fonte: Autores

#### Densidade básica

De acordo com a NBR 11941 (ABNT,2003) para realizar o ensaio de densidade básica precisamos para aparelhagem:

- Balança com capacidade mínima de 1 kg e sensibilidade de 0,1 g.
- Estufa com circulação forçada de ar, capaz de manter a temperatura em  $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ .
- Recipiente para saturação dos corpos de prova na água e que permita aplicação de vácuo, como, por exemplo, dessecador ou frasco kitassato. De acordo com

a figura abaixo.

- Bomba de vácuo ou trompa de água.
- Dispositivos para pesagem, por exemplo, de alumínio, vidro ou porcelana.
- Corpos de prova 2,5 x 2,5 x 5mm.
- Manter as amostras imersas até a saturação completa (Figura 7). Para facilitar ou acelerar a penetração da água, utilizar vácuo intermitentemente.

Figura 7: Ensaios de densidades básica no vácuo



Fonte: Autores

- Retirar as amostras do recipiente, após atingida a saturação completa. Remover a água superficial com papel absorvente e executar a massa imersa da amostra (Figura 8).

Figura 8: Método de emissão dos corpos de prova em água





Fonte: Autores

- Secar as amostras em estufa a  $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$  até massa constante.
- Resfriar a amostra em dessecador e pesar massa seca.

### Retração

De acordo com a NBR 7190 (ABNT,1997) a análise de retração desenvolve do seguinte modo:

- É feito os cortes dos corpos de prova  $2,5 \times 2,5 \times 5\text{mm}$ .
- Logo após são demarcados pontos A, B e C nos corpos de prova( Figura 9).

Figura 9: Corpos de prova retração demarcados pontos A, B e C, com distâncias padronizadas



Fonte: Autores

- Imergir os corpos de prova em água, provido de dispositivo para vácuo. Manter as amostras imersas até a saturação completa. Para facilitar ou acelerar a penetração da água, utilizar vácuo intermitentemente (Figura 10).

Figura 10: Corpos de prova retração no vácuo





Fonte: Autores

- Retirar as amostras do recipiente, após atingida a saturação completa. Remover a água superficial com papel absorvente e pesar as amostras rapidamente e medir os pontos A, B e C radial e tangencial de cada corpo de prova;
- Em seguida colocar os corpos de prova na climatização até a saturação acompanhando com a pesagem desses continuamente, quando estabilizadas pesar e medir os pontos A, B e C radial e tangencial de cada corpo de prova;
- Após passado pelo vácuo e pela climatização os corpos de prova são colocados em estufa a 103°C deixando o tempo suficiente para a secagem desse pela estufa. Logo após a secagem são retirados e pesados e medidos os pontos A, B e C radial e tangencial de cada corpo de prova;

## **Resultados**

Resultados dos ensaios mecânicos

Tabela 3: Resultados das propriedades mecânicas das espécies de madeiras selecionadas. Análise estatística representada em A, B e C em ordem crescente, quem que C apresenta o maior valor.

PROPRIEDADES	ESPÉCIES		
	JATOBÁ	IPÊ	EUCALIPTO
Compressão Paralela Às Fibras (MPa)	106,8 C	99,7 B	42,7 A
MOE (MPa)	12463 C	9454 B	5341 A
MOR (Kg/cm <sup>3</sup> )	181,5 C	148,9 B	52,9 A

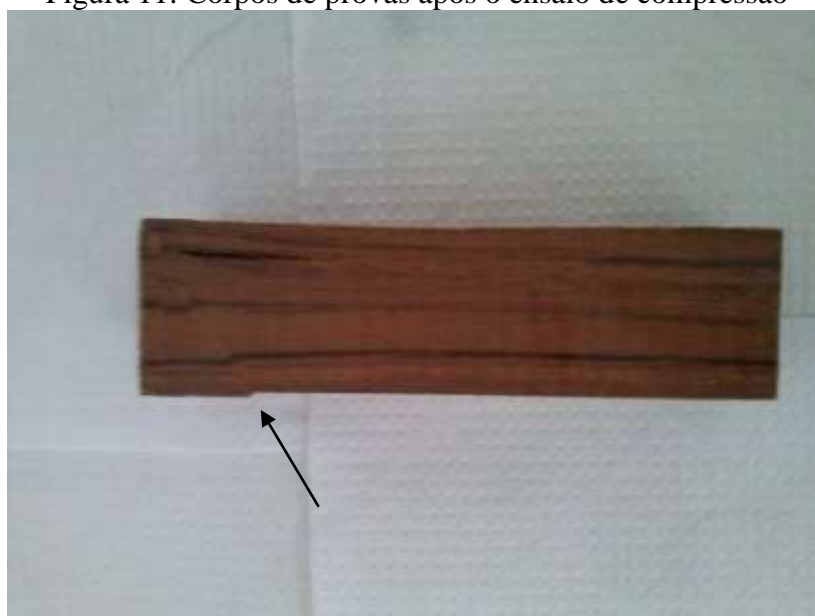
Fonte: Autores

### Resultados compressão

Na figura 11 foram apresentados o deslocamento das fibras após o ensaio á compressão realizados de acordo com a norma ASTM D143-83 (1983).

Os resultados indicam o jatobá como a madeira mais resistente a compressão dentre as selecionadas, o ipê também apresentou resultados satisfatório e o eucalipto em comparação com as demais espécies teve um resultado inferior, devido a sua baixa densidade.

Figura 11: Corpos de provas após o ensaio de compressão



.Fonte: Autores

### Resultados de flexão estática

O jatobá e o ipê se destacam com resistência significativa e o eucalipto com um valor

em média inferior, como já era esperado.

#### Resultados dos ensaios físicos

Tabela 4: Resultados dos ensaios físicos realizados na espécies selecionadas. Análise estatística representada em A, B e C em ordem crescente, quem que C apresenta o maior valor.

PROPRIEDADES	ENSAIOS FÍSICOS		
	ESPÉCIES		
	JATOBÁ	IPÊ	<i>EUCALIPTO</i>
Densidade Básica (g/cm <sup>2</sup> )	1,020 C	0,903 B	0,506 A
Densidade Aparente (g/cm <sup>2</sup> )	1,022 B	1,241 C	0,671 A
Retração de Saturado á 12 % (Plano Tangencial)	5,080 C	3,080 A	3,500 B
Retração de 12% á 0% (Plano Tangencial)	6,510 C	3,120 A	4,660 B
Retração de Saturado á 12 % (Plano Radial)	1,790 A	2,170 C	1,990 B
Retração de 12% á 0% (Plano Radial)	3,070 A	4,910 C	3,480 B

Fonte: Autores

## DISCUSSÃO

Na análise de resistência a compressão paralela ás fibras, o eucalipto apresentou como o esperado, menor resistência á compressão por ser uma madeira de media resistência. De acordo com a ASTM D143-83 (1983) a resistência á compressão á 12% de umidade do jatobá é de 93,3 MPa, ipê 70 Mpa e eucalipto 40,3 Mpa .

Os resultados do módulo de ruptura normatizados pela ASTM D143-83 (1983) são, para o ipê 1068 kg/m<sup>3</sup>, jatobá 1074 kg/cm<sup>3</sup> e eucalipto 640 kg/cm<sup>3</sup>. Foram obtidos nos ensaios realizados, 1489 kg/cm<sup>3</sup> para o ipê e 1814 kg/cm<sup>3</sup> para o jatobá caracterizando assim uma resistência maior que a esperada para as espécies, os resultados apresentados mostram a carga que a madeira suporta até romper, o eucalipto apresentou um MOR de 529 kg/cm<sup>3</sup>, inferior ao normatizado caracterizando uma amostragem de madeira um pouco mais juvenil.

Os resultado do módulo de elasticidade longitudinal ás fibras das espécies ensaiadas foram, para o ipê 9454 MPa, jatobá 12463 MPa e eucalipto 5341 Mpa, comparados os normatizados que são ipê 18011 MPa , jatobá 23607 MPa e eucalipto 12813 Mpa. Todos os valores obtidos nos ensaios realizados para determinação do MOE foram

inferiores aos normatizados, caracterizando um material com menor teor de ligação entre as fibras da madeira.

Os resultados dos ensaios de resistência mecânica foram satisfatórios para a análise do emprego das espécies selecionadas na construção civil, pois mostram o ipê e o jatobá como espécies resistentes e o eucalipto como madeira de média resistência, como já pesquisado anteriormente. Com a análise dos resultados são justificáveis os usos das espécies na construção civil.

A densidade básica das espécies indica o coeficiente de umidade contido no material, para que ele seja empregado e tratado corretamente. O jatobá apresentou 0,67 g/cm<sup>3</sup> de densidade básica de acordo com Aguiar et. al. (2008), em comparação o resultado obtido neste trabalho foi superior.

O eucalipto apresentou 0,434 g/cm<sup>3</sup> de densidade básica de acordo com Filho (1985), em comparação o resultado obtido neste trabalho foi superior. Os valores do ipê e jatobá considerados materiais mais resistentes foram em média 45,6% maiores que os do eucalipto.

Os resultados de densidade básica podem ter sido superiores aos citados por outros pesquisadores devido a amostragem do material coletado.

O ipê apresentou neste trabalho uma densidade aparente de 1,241 g/cm<sup>3</sup>, resultado muito próximo ao encontrado por Ferreira (2011) que obteve o 1,19 g/cm<sup>3</sup> em ensaios. Tal espécie apresentou também, maior variação entre as duas densidades, cerca de 27,3%, o jatobá apresentou a menor cerca de 0,2%. Portanto, o ipê e o jatobá se destacaram como materiais mais resistentes por apresentar maior densidade.

De acordo com a NBR 7190/1997 (ABNT,1997) a retração radial deve estar 50% menor que a retração tangencial, os resultados dos ensaios realizados para retração de volume saturado até 12% de umidade, apresentaram os seguintes valores de comparação entre os planos, ipê 36,5%, jatobá 52,8% e eucalipto 25%, mostrando que apenas o jatobá obteve os resultados esperados neste ensaio.

Os ensaios realizados para determinação de retração de volume saturado até 12% de umidade apresentaram valores alternados em relação a planos radial e tangencial, a saturação total do plano tangencial das espécies jatobá e eucalipto são em média 37,16% menores que os do plano radial, já o ipê apresentou uma retração 11% menor no plano radial em comparação ao tangencial.

Para os ensaios de retração á 12% de umidade os resultados obtidos foram, para o ipê 29,5%, jatobá 64,7% e eucalipto 43,2%, analisando estes dados o jatobá foi á espécie que obteve o melhor desempenho, seguida pelo eucalipto, o ipê não apresentou resultados satisfatórios.

Em comparação com os resultados de Dias e Lahr (2004) que apresentam para retração tangencial á 12% do jatobá 6,85% e no plano radial 3,4%, os resultados obtidos neste trabalho são satisfatórios, apresentando 6,51% no plano tangencial e 3,07% no plano radial.

Analisando os resultados da retração de modo geral, o jatobá foi á única espécie que apresentou os resultados esperados, os dados obtidos após os ensaios das outras espécies podem ter sido influenciados pela amostragem e a idade do material coletado.

## CONCLUSÕES

Dentre as madeiras analisadas neste estudo o Ipê apresentou melhores resultados, esta espécie apresenta boa resistência á flexão e compressão, é de alta densidade, o que favorece seu uso em peças estruturais, porém uma das desvantagens da madeira com maior

densidade é a menor absorção de tratamentos. Esta espécie pode ser usada para várias finalidades na construção civil, assim como o jatobá, porém devido ao custo do material e a dificuldade de se encontrar em mercado, seu uso é limitado á ser empregado onde é necessário maior resistência da madeira.

O eucalipto apresentou resultados dentro dos programados para a espécie, apesar da amostra coletada ser um de material juvenil. A densidade e umidade foram as menores na espécie eucalipto, comparada com as demais espécies, caracterizando um material com a segunda menor resistência. Esta espécie é usada para ambientes sem muito contato com intempéries e quando jovem pode ser usada para contenção de concreto em obras devido ao seu preço e resistência.

O jatobá é uma madeira nobre utilizada na construção civil em vários seguimentos da construção civil, devido ao seu ótimo desempenho, como mostram os resultados desta pesquisa, o jatobá apresenta resistência mecânica melhor que as outras espécies do grupo de análise e densidade relativamente alta, ideal para uso estrutura. Esta espécie é encontrada em todo estado de Minas Gerais, porém com um custo elevado.

## REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . NBR 12297: madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral : medição e quantificação de defeitos. Rio de Janeiro, 1991b. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 11941: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASTM D143-83. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. – ASTM. Annual book of A.S.T.M. standards. Philadelphia: 1994. 478 p. v. 15.06 Adhesives

ALMEIDA, P. A de O. Doutor em Engenharia Civil, professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Madeira como material estrutural [periódico de internet]. Ano 2000 [acesso em março de 2014]. Disponível em: <http://www.lem.ep.usp.br/pef2402/METALICAS%20E%20MADEIRAS%20-%20PEF%202402%20-%20APOSTILA.pdf>.

DIAS, F. M. LAHR, F. A. R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. Scientia Florestalis, nº 65, p 102-113, junho, 2004. [acesso em março de 2014]. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr65/cap10.pdf>.

FERREIRA, J. J. Ensaios de torneamento em diferentes espécies nativas brasileiras. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Florestas. Dezembro, 2011.

FILHO, M. T. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do Eucalyptus saligna E E. grandis. IPEF n.29, p.37-45, abr.1985.

HASELEIN, C. R. CECHIN, E. SANTINI, E. J. GATTO, D.A. Características estruturais da madeira de *Pinus elliottii* Engelm aos 30 anos de idade. *Ciência Florestal*, v. 10 , n. 2, 2000.

ZENID, Geraldo José. Madeira: uso sustentável na construção. Publicação IPT, n. 3.010, 2009.

ZENID, G.J et,al. Madeira uso sustentável na construção civil. Coordenador Osvaldo Poff Ferreira – São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA: Sinduscon – SP, 2003 (publicação IPT 2980)

---

**Endereço para correspondência:** Julia Naves Teixeira. Rua Julieta Vieira de Souza, 46, Bairro Santa Maria II, Alfenas, Mg, Brasil. E-mail: julianavest@gmail.com.