



RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE APARENTE E RESISTÊNCIA MECÂNICA DE TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS

Ana Larissa Santiago HANSTED¹; Gabriela Tami NAKASHIMA¹; Anne Kellen Carnizello ACCARINI¹; Verônica SCALET¹; Fabio Minoru YAMAJI¹

1 – Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, Brasil

Resumo: O objetivo deste trabalho foi verificar a relação entre a densidade e a resistência mecânica de três espécies arbóreas (Ipê- *Tabebuia* spp., Tamarindo- *Dialium guianense* e Angelim-pedra- *Hymenolobium petraeum*). Foram confeccionados 30 corpos de prova para o experimento, nas dimensões 2,0 x 3,0 x 5,0 cm, sendo 10 para cada espécie estudada. A padronização dos corpos de prova seguiu a Norma NBR 7190/97, com ajuste de umidade a 12%. Foi realizada a medição da densidade aparente também a 12% de umidade. O ensaio mecânico de compressão paralela às fibras foi realizado na Máquina Universal de Ensaio EMIC 30000. As análises estatísticas foram efetuadas no software estatístico R. As densidades encontradas apresentaram diferença significativa entre elas, assim como a resistência mecânica encontrada. Foi possível verificar a relação direta entre densidade e resistência do material. A única espécie que se diferiu significativamente das outras, foi o Angelim-pedra, que apresentou os resultados menores de densidade (0,70g/cm³) e tensão máxima média (57,8 MPa). Apesar da diferença entre as espécies, todos os materiais apresentaram a relação direta entre densidade e resistência mecânica.

Palavras-chave: Ipê, Tamarindo, Angelim-pedra, ensaio mecânico, NBR 7190.

Abstract: The objective of this study was to investigate the relationship between the density and the mechanical resistance of three tree species (Ipê- *Tabebuia* spp., Tamarindo- *Dialium guianense* e Angelim-pedra- *Hymenolobium petraeum*). They made 30 specimens of the experiment, with the dimensions 2.0 x 3.0 x 5.0 cm, 10 for each species studied. The standardization of the samples followed the NBR 7190/97, with moisture set at 12%. Measuring the apparent density it was also performed at 12% moisture. The mechanical test compression parallel to the fibers, was held at Universal Testing Machine EMIC. Statistical analyzes were made in the statistical software R. The densities found showed a significant difference between them, as well as the strength found. It was observed a direct relationship between density and strength of the material. The only species that differed significantly from the others, was the Angelim-stone, which had the lowest density results (0.70g / cm³) as well as maximum average pressure (57.8 MPa). Despite the difference between species, all materials presented direct relationship between density and mechanical strength.

Key-words: Ipê, Tamarindo, Angelim-pedra, mechanical test, NBR 7190.

1 INTRODUÇÃO

A consciência ambiental e o desenvolvimento econômico são conceitos que devem caminhar de forma unida e atualmente são pontos de estudo em diversos setores.. Recursos renováveis surgem como alternativa viável para satisfazer as necessidades econômicas e ambientais, de maneira que supram as necessidades do mercado, com menor impacto ambiental (FREITAS & DATHREN, 2013; ZEN & BIANCHI, 2011;).

As florestas fazem parte de um setor de grande importância para a economia e sociedade brasileira. Tem participação direta na geração de produtos, empregos e tributos. A gestão das florestas proporciona planejamento e assim evita impactos ambientais negativos (ABRAF, 2013). O manejo florestal é a forma mais indicada de se fazer uso dos recursos naturais, uma vez que prevê a recomposição da parte da área utilizada, alcançando assim a viabilidade econômica, social e ambiental (IPT, 2013).

A construção civil é um setor em que a madeira é muito bem vista e altamente utilizada. Suas propriedades a tornam atraentes e a destacam quando em comparação com outros materiais. Possui alta resistência específica, é considerada isolante térmico e elétrico, tem um mercado acessível e tem fácil trabalhabilidade (ZENID, 2011).

Existem, por outro lado, aspectos negativos de se trabalhar com madeira, é um material heterogêneo, que pode acarretar em dificuldades na indústria de transformação e processamento. A descontinuidade no material ocorre em função de vários aspectos, que podem diferir entre os materiais, a estrutura anatômica da espécie, as condições de plantio, os tratos silviculturais e principalmente a espécie em questão (PALERMO et al., 2015; CALONEGO et al., 2005). Desta forma, a finalidade da madeira deve ser um aspecto levado em consideração para a escolha da espécie, pois suas características variam e conforme as utilizações existem prioridades.

Ipê

Espécie de alta densidade, cerne e alburno com coloração diferente. Sem brilho na superfície, cheiro e gosto imperceptíveis, dura ao corte, grã irregular e textura fina. Apresenta uma característica de destaque, resistência ao ataque de cupins, evidenciando seu potencial para o uso em construção, componentes industriais, lâminas e compensados (MARTO, 2005).

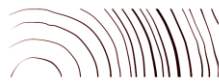
Tamarindo

Espécie com densidade elevada, anéis de crescimento visíveis, textura média e grã regular. Apresenta valor agregado alto, em função da coloração avermelhada. Possui resistência natural alta, e é utilizada em construções leves e pesadas (NUNES et al., 2012).

Angelim-pedra

Tem como características gerais cerne e alburno distintos, textura grossa, ausência de brilho. Esta espécie também é considerada de resistência natural alta, e tem uso comercial para construções leves e pesadas (ALVES et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi verificar a relação entre a densidade das espécies Ipê, Tamarindo e Angelim-pedra, com a resistência mecânica à compressão paralela às fibras.



2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do estudo e materiais

As três espécies foram coletadas na madeireira Menk & Plens no município de Itapetininga/SP, com aproximadamente 15 anos. Os materiais foram confeccionados nas dimensões 2,0 x 3,0 x 5,0 cm, para cada espécie estudada, totalizando 30 peças.

2.2 Padronização da umidade dos corpos de prova para ensaio mecânico

Determinou-se o teor de umidade com a utilização de três repetições dos corpos de prova para cada espécie, totalizando nove peças para este quesito. Obteve-se o teor de umidade através da diferença da massa inicial e a massa seca de cada corpo de prova, após secagem na estufa por 5 dias a $103^{\circ} \pm 2$ °C, até atingir peso constante. Cada corpo de prova foi pesado individualmente, obtendo-se o peso seco de cada um. Para o ajuste a 12% de umidade, as peças foram imersas totalmente na água, por aproximadamente 12 horas, e pesados até atingirem a massa necessária conforme a equação (1). Posteriormente, a fim de se estabelecer uma homogeneização da umidade no material, as peças foram mantidas em sacos plásticos hermeticamente fechados, por aproximadamente 20 dias. Esta padronização seguiu os termos da Norma NBR 7190/97.

$$Mu = \frac{TU \cdot Ms}{100} - Ms \quad (1)$$

Onde:

TU – teor de umidade, em %;

Mu – massa úmida, em gramas, a 12% de umidade;

Ms – massa seca, em gramas, a 0% de umidade

2.3 Determinação da densidade

Foram utilizados três corpos de prova de cada espécie, já com o ajuste da umidade a 12%. Foi determinada a densidade aparente dos materiais. Com o auxílio de um paquímetro digital e de uma balança semi-analítica, as dimensões e a massa dos corpos foram medidas. A densidade foi calculada de acordo com a equação (2):

$$D = \frac{M}{V} \quad (2)$$

Onde:

Da – densidade aparente, em $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$;

M – massas dos corpos de prova, em g;

V – volume dos corpos de prova, em cm^3 .

2.4 Ensaio mecânico

Para análise da resistência mecânica dos materiais, foi realizado um ensaio mecânico de compressão paralela às fibras. Foram utilizados 10 corpos de prova para cada espécie, totalizando 30 ensaios. O ensaio mecânico foi realizado na Máquina Universal de ensaios modelo EMIC DL 30000, com carga de célula TRD 29.

2.5 Análise estatística

Para a análise estatística, foi realizada a análise de variância que é um procedimento usual para se avaliar três ou mais tratamentos. Como os tratamentos diferiram entre si, foi aplicado o teste Tukey, para verificar a diferença estatística. Para a realização desta etapa, foi utilizado o software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2008; R STUDIO, 2012).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pesagens foram feitas até os corpos de prova atingirem peso constante, ao teor de umidade 0%. Na tabela 1 podem ser visualizadas as densidades dos materiais, assim que estabilizados.

1. Densidades básica dos corpos de prova referentes à massa e volume dos materiais a 0% de umidade

Espécies	Densidade a 0% (g/cm ³)
Ipê	1,01
Tamarindo	0,91
Angelim-pedra	0,70

A densidade aparente foi calculada, com os materiais já ajustados a 12% de umidade, conforme Tabela 2. Foi possível verificar que existe uma diferença entre as densidades das espécies utilizadas. Os materiais com maior densidade foram o Ipê e Tamarindo, e apresentaram valores próximos, sem diferença significativa a 95% de confiança. Já a espécie Angelim-pedra apresentou um valor inferior, diferindo significativamente das outras.

2. Valores médios das densidades aparentes (12% umidade) das espécies estudadas

Espécie	Densidade aparente (g.cm ⁻³)
Ipê	1,0634 a
Tamarindo	0,9155 a
Angelim-pedra	0,7072 b

O Ipê, espécie com maior densidade encontrada, pode em algumas situações apresentar dificuldades ao ser serrado. Tal característica pode levar a defeitos nas peças formadas. O valor encontrado está de acordo com o descrito na literatura, pode variar de 0,90 a 1,15 g/cm³ para as espécies deste gênero (LORENZI, 1992).



O Tamarindo também é uma espécie com alta densidade, apresentando valores médios de $0,89 \text{ g/cm}^3$, próximo ao encontrado neste trabalho (OBERMÜLLER et al., 2011).

A espécie Angelim-pedra, apesar de ter densidade menor densidade em comparação com os outros materiais estudados, também é considerada como densa, e pode apresentar valores próximos de $0,71 \text{ g/cm}^3$ (IBAMA, 1997).

Com o ensaio mecânico foi possível comprovar como a densidade é um fator diretamente relacionado à resistência do material (Figura 1). Conforme a densidade decresce, os valores de tensão máxima também acompanham este comportamento. Panshin e De Zeeuw (1980), afirmam em seu trabalho como a maior parte das propriedades mecânicas da madeira, pode ser explicada pela densidade. Isso ocorre em função da mudança nas dimensões das células, acarretando em variação na resistência mecânica. Com a análise estatística foi possível comprovar como os valores próximos de densidade não se diferiram quanto à resistência mecânica.

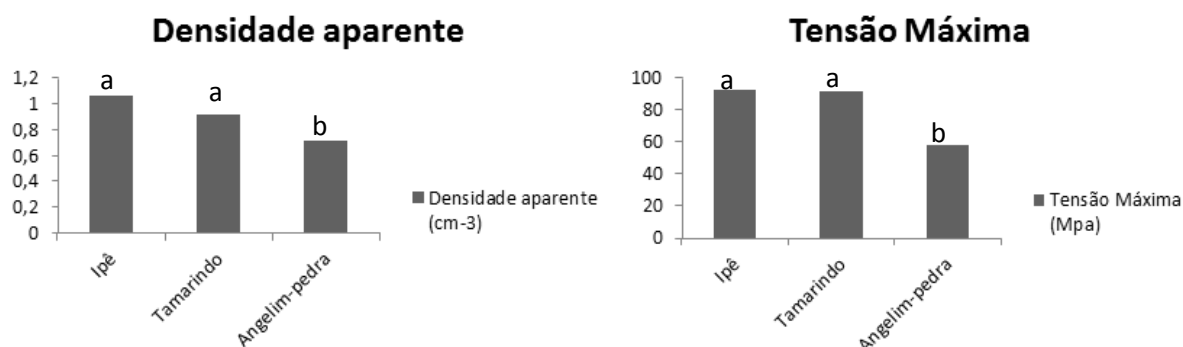


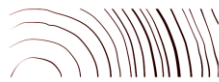
Figura 1. Gráficos referentes à densidade dos materiais (esquerda) e Tensão Máxima (direita).

A espécie Angelim-pedra, apresentou os menores resultados em todos os critérios avaliados neste trabalho. Diferiu significativamente das outras duas, e teve pior desempenho. Porém, apesar de comparativamente esta espécie apresentar valores inferiores, ela também é recomendada para construção civil, pois apresenta as características necessárias para tal (IPT, 2013).

O desenvolvimento de estudos desta área é fundamental para se promover a caracterização de propriedades das espécies que são utilizadas comercialmente. O consumo de madeira no país cria essa demanda, mas em alguns momentos a falta de conhecimento leva à inutilização de algumas espécies. Assim é necessária maior orientação e pesquisa para a otimização deste aproveitamento.

4 CONCLUSÃO

Por meio deste trabalho, com base na norma NBR/7190(1997), foi possível comprovar como a resistência de um material é influenciada diretamente pela densidade. As espécies que apresentaram maiores valores de densidade, Ipê e Tamarindo, também foram as espécies que apresentaram maiores resistências mecânicas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF, Anuário Estatístico Abraf 2013 – Ano base 2012. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. 142 p. 2013.

ALVES, R. C.; MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S. Relação entre a estrutura anatômica e algumas propriedades da madeira de angelim-pedra (*Hymenolobium petraeum*, leguminosae). XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projetos de estruturas de madeira – NBR 7190. Rio de Janeiro:1997. 107p.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D.; ASSI, P. P. Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. SCIENTIA FORESTALIS n. 68, p.113-121. 2005.

FREITAS, G. S.; DATHEIN, R. AS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. Nexos Econômicos: UFBA. V. 7, n.1. p.71-93. 2013.

MARTO, G. B. T. Identificação de espécies florestais. IPEF. 2005.

NUNES, V. V.; SILVA, J. P. N.; MIRANDA, J. A.; BARAZETTI, V. M. Árvores da Cabruca: Jitaí-Preto (*Dialium guianense*). II Congresso Brasileiro do Cacau. 2012.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Madeiras da Amazônia – características e utilização, volume 3. 1997.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil. 104 p. 2013.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Ed.Plantarium, 1992. 352p.

OBERMÜLLER, F. A.; DALY, D. C.; OLIVEIRA, E. C.; SOUZA, H. F. T. P.; OLIVEIRA, H M.; SOUZA, L.; SILVEIRA, M. Guia ilustrado e manual de arquitetura foliar para espécies madeireiras da Amazônia ocidental. INPA, 2011.

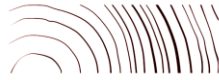
PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. F.; CARVALHO, A. M.; GARCIA, R. A. Avaliação da superfície da madeira de *Eucalyptus grandis* hill ex maiden tratada termicamente. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 145-152, jan.-mar., 2015.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. Textbook of wood technology. 4 ed. New York. 722p. 1980.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2008.

II CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Belo Horizonte - 2015



II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Belo Horizonte - 20 a 22 set 2015



R STUDIO. RStudio: Integrated development environment for R (Version 0.96.122) [Computer software]. Boston, MA, 2012.

ZEN, A.C. E BIANCHI, A.L., 2011. Assessment of sustainable energy of cities: A proposal of indicators. In WCST 2011 - World Congress on Sustainable Technologies. London, p.32-35. 2011.

ZENID, José Geraldo. Madeira na Construção Civil. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2011.