

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA DE CINCO ESPÉCIES DA AMAZÔNIA

JULIO CEZAR HOFFMANN DOS SANTOS¹

Mayra Daniela Ferreira²

Francislene Junia Telles da Silva¹

Daniela Silva Lilge³

¹ Universidade Federal de Pelotas

² Universidade Federal de Mato Grosso

³ Universidade Federal do Pampa

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA DE CINCO ESPÉCIES DA AMAZÔNIA

Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Pelotas, Brasil

Resumo: A madeira é o produto natural mais utilizado em todo o mundo, sendo assim o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira é essencial para que saibamos qual a melhor forma de empregar as peças de madeira. Este trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades físicas e mecânicas de cinco espécies da floresta amazônica – garapeira - *Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr; cedrinho - *Erismia uncinatum* Warm; angelim pedra - *Hymenolobium petraeum* Ducke; itaúba - *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez; e cambará - *Qualea* sp. Os testes foram realizados no Laboratório de Tecnologia da madeira, localizado na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) Campus Sinop. Sendo que as amostras foram obtidas em uma serraria de Feliz Natal Mato Grosso, onde foram confeccionados corpos de prova que foram submetidos aos ensaios das propriedades físicas (massa específica, porosidade, teor de umidade de equilíbrio, determinação do ponto de saturação das fibras, retratibilidade e fator de anisotropia) e mecânicos (resistência e rigidez da madeira a compressão paralela as fibras). Para os ensaios físicos as amostras ficaram submersas por um período de 40 dias até atingirem o ponto de saturação das fibras (PSF) e posteriormente foram determinados os parâmetros mencionados. Para os ensaios mecânicos foi utilizada a máquina universal de ensaios para obtenção do módulo de resistência e módulo de elasticidade (MOR e MOE). De maneira geral as espécies se mostraram de bom aproveitamento para diversos fins, por apresentarem boa massa específica e fator anisotrópico considerando as madeiras de excelente qualidade. Para o MOR e MOE são altamente influenciados pela qualidade e pela densidade da madeira, as espécies de garapeira, itaúba e o angelim-pedra apresentaram os melhores resultados para o MOR e MOE.

Palavras-chave: espécies tropicais; compressão paralela às fibras; tecnologia da madeira.

Abstract: Wood is the most natural product used throughout the world, thus the knowledge of the physical and mechanical properties of wood is essential to know how to best employ the wood pieces. This study aims to evaluate the physical and mechanical properties of five species of the Amazon rainforest - garapeira - *Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr; cedrinho - *Erismia uncinatum* Warm; angelim pedra - *Hymenolobium petraeum* Ducke; itaúba - *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez; and cambará - *Qualea* sp. The tests were

conducted on wood Technology Laboratory, located at the Federal University of Mato Grosso (UFMT) Campus Sinop. Since the samples were obtained in a sawmill Feliz Natal Mato Grosso, where they were prepared specimens were subjected to physical property testing (bulk density, porosity, equilibrium moisture content, determining the saturation point of the fibers, shrinkage and anisotropy factor) and mechanical (strength and stiffness of wood parallel compression fibers). For physical tests the samples were submerged for a period of 40 days to reach the fiber saturation point (PSF) and subsequently mentioned parameters were determined. For the mechanical tests was used universal testing machine to obtain the module of resistance and modulus of elasticity (MOR and MOE). Generally the species were of good use for various purposes, for having good bulk density and anisotropic factor considering the excellent quality of wood.

Keywords: tropical species; compression parallel to the fibers; wood technology.

1. INTRODUÇÃO

As propriedades físicas e mecânicas são importantes na determinação de um conhecimento da estrutura da madeira o que auxilia no melhor aproveitamento de sua utilização, especialmente na utilização como material de construção e para a indústria moveleira (MOTTA, 2011).

Da massa específica dependem a maior parte de suas propriedades físicas e tecnológicas, sendo uma referência para a classificação da madeira. De modo geral madeiras pesadas são mais resistentes, elásticas e duras que as leves, entretanto são de mais difícil trabalhabilidade e apresentam maior variabilidade (MORESCHI, 2012).

A massa específica da madeira está intensamente ligada ao seu teor de umidade por resultado das variações de volume e massa. Portanto, para determinação dessa propriedade física, é indispensável o conhecimento da retratibilidade volumétrica da madeira. Sabe-se também, que a retratibilidade total da madeira aumenta com sua massa específica, sendo importante relacionar essas duas propriedades. A massa específica por sua vez, é uma das propriedades da madeira que, quando analisada em função da espécie, variedade, povoamento, idade, árvore, e até mesmo dentro de uma amostra ou disco, apresenta diferentes valores (REZENDE et al., 1995).

A porosidade refere-se ao tipo de dispersão dos vasos, quando observados em seção transversal da amostra de madeira. Porosidade difusa que é quando os poros (vasos) se apresentam dispersos de forma uniforme pelo lenho. Porosidade em anéis quando os poros (vasos) de maior diâmetro se apresentam dispostos de forma concêntrica no tronco, vistos em seção transversal, sendo os de maior diâmetro localizados no início do período vegetativo (BÓTOSSO, 2011)

O teor de umidade da madeira influência nas propriedades de resistência da madeira, com a maior ou menor facilidade em trabalhar com este material, com seu poder calorífico, sua suscetibilidade a fungos, entre outras propriedades de importância (MORESCHI, 2012). Sendo que a umidade não pode ser considerada uma característica intrínseca da madeira, sendo seu estudo de fundamental importância por se tratar de um parâmetro que afeta o comportamento do material quanto à trabalhabilidade, estabilidade dimensional, resistência mecânica e durabilidade natural (OLIVEIRA; SILVA, 2003).

A variação dimensional da madeira é um fenômeno conhecido como retratibilidade, que com a mudança no teor de umidade, quando se ganha ou se perde umidade a baixo do ponto de saturação das fibras, começa a ocorrer às variações dimensionais. Isto se deve ao fato de que as moléculas de águas da madeira estão ligadas por pontes de hidrogênio às microfibrilas nos polissacarídeos que constituem a madeira, e por sua vez quando estas são forçadas a sair, deixa um espaço vazio fazem com que as forças de coesão tendem a aproximar as microfibrilas, que no final causam a contração da madeira como um todo (OLIVEIRA et al., 2010).

De uma forma geral a anisotropia é uma característica muito frequente nos elementos da natureza, isto é, a variabilidade ou distribuição espacial de tais elementos ocorre mais intensamente numa direção e menos intensamente em outra direção (CAMARGO et al., 2001). Devido ao fato da madeira inchar e contrair variavelmente conforme os sentidos anatômicos tangencial, radial e longitudinal. Chama-se este fenômeno de anisotropia

dimensional podendo ser de contração ou de inchamento.

O ponto de saturação das fibras (PSF) é o teor de umidade da madeira no momento em que esta já perdeu toda a sua água livre, ou seja, dos lumens e espaços intercelulares, porém ainda mantém as paredes celulares saturadas de umidade. Para facilidade de cálculos adota-se o valor médio de 28% como teor de umidade correspondente ao PSF para todas as espécies de madeira. Porém, para necessidades que exijam maior precisão, o ponto de saturação das fibras (PSF) e a massa específica real (rH) específicos de uma espécie em particular deverão ser utilizados (MORESCHI, 2012).

As propriedades mecânicas são afetadas pela mudança do teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras, diminuindo com o aumento desse teor (FRANÇA; CUNHA, 2012). Na compressão paralela às fibras, as forças atuam paralelamente ao comprimento das células, sendo que as células reagindo em conjunto conferem uma grande resistência da madeira à compressão. Para Hein et al. (2009), a compressão paralela às fibras da madeira é o principal parâmetro empregado para aplicações estruturais. Por meio deste valor é possível classificar a madeira de acordo com sua resistência, além de possibilitar por meio de estimativas, a determinação das demais propriedades de resistência da madeira.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies comerciais da Amazônia – *Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr (Grapeira), *Erisma uncinatum* Warm (Cedrinho), *Hymenolobium petraeum* Ducke (Angelim Pedra), *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez (Itaúba) e *Qualea* sp. (Cambará).

2. MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizadas amostras de cinco espécies da Amazônia, a *Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr (Grapeira), *Erisma uncinatum* Warm (Cedrinho), *Hymenolobium petraeum* Ducke (Angelim Pedra), *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez (Itaúba) e *Qualea* sp. (Cambará). Estas foram obtidas em serrarias no município de Feliz Natal, Mato Grosso, onde foram selecionadas quatro tábuas com cerne e alburno nas dimensões de 25 cm de largura x 3,0 cm de espessura x 3,0 metros de comprimento, de cada espécie, provenientes de um único indivíduo, para posterior confecção dos corpos de provas.

Destas tábuas foram obtidas amostras para realização dos ensaios com as dimensões de 2 x 2 x 10 cm (largura x espessura x comprimento). Para que os corpos de prova chegassem às dimensões finais, foi realizado o aplainamento das tábuas de madeira com o auxílio de plainas (desengrossadeira e desempenadeira) e, em seguida, realizado os cortes em serra circular. Foram empregados 20 corpos de prova de cada espécie, totalizando 100 amostras, todas estas isentas de defeitos.

2.1 Massa específica

A massa específica foi determinada através da relação da massa com o volume do corpo de prova. A massa foi obtida do corpo de prova anidro (seco) e o volume completamente saturado. A massa específica aparente básica da madeira foi determinada por meio da Equação 1:

$$e = \frac{m}{v} \text{ (Equação 1)}$$

Em que: e = massa específica básica, em g/cm^3 ; m = massa seca, em g; v = volume úmido, em cm^3 .

Para a obtenção do volume saturado os corpos de prova foram submersos em água durante 45 dias, onde o peso foi obtido diretamente em uma balança analítica de precisão de 0,0001g, e o volume das amostras determinado pelo método de estereométrico, que é feito através das dimensões da amostra com um paquímetro com precisão de 0,01 mm. Os dados foram coletados diariamente, até o volume dos corpos de prova se manter constantes. A massa seca dos corpos de prova foi obtida através de uma estufa micro-processada, aonde chegou em seu estado totalmente seco após 72 horas.

2.2 Porosidade da madeira

Para a determinação da porosidade da madeira com os dados coletados, foi definido com o auxílio da Equação 2, em que a relação entre a massa específica básica com a massa específica real que é de 1,54 g cm⁻³.

$$\Phi = \left(1 - \frac{m_b}{m_r}\right) \times 100 \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que: Φ = porosidade, em %; m_b = massa específica básica, em g/cm³; m_r = massa específica real, em g/cm³

2.3 Teor de umidade da madeira

O teor de umidade de uma madeira foi determinado pela relação entre o peso da água contida no seu interior e o seu peso no estado completamente seco (Equação 3).

$$TU = \left[\frac{P_u - P_o}{P_o}\right] \times 100 \quad \text{(Equação 3)}$$

Em que: TU = Teor de umidade da madeira, em %; P_u = peso da madeira úmida, em g; P_o = peso da madeira seca a (103 +/- 2°C), ou seja, a 0% de umidade, em g.

Posteriormente as amostras foram levadas à estufa microprocessada (Figura 9), a temperatura de 100°C onde ficou por 72 horas, até sua secagem completa. Para a pesagem da madeira seca (P_o), foi utilizado um dessecador de vidro, onde as amostras permaneceram por 15 minutos, e para não ocorrer variação entre as espécies avaliadas, padronizou-se a retirada de duas amostras da estufa por vez, para determinar então o peso da água removida ($P_u - P_o$) para relacionar este valor com peso da madeira seca a 0%U (P_o); e determinar a proporção entre o peso da água com o peso da madeira seca, quando esta se encontrava com umidade.

2.4 Retratibilidade da madeira

A contração e o inchamento alteram o volume da madeira e isto depende somente da água contida no dentro dos espaços submicroscópicos da parede celular, ela só irá ocorrer a teores de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF), ou seja, entre 0% e 28% de umidade. Com todos os dados já coletados, foi realizado as análises para os coeficientes de contração longitudinal, radial e tangencial utilizando (Equação 4). Já o coeficiente da contração volumétrica máxima da madeira é representado pela diferença entre de volume no estado saturado de umidade e no estado absolutamente seco, (Equação 5). Para os coeficientes de inchamento lateral, radial e tangencial foi utilizado a Equação 6. O coeficiente de inchamento volumétrico máximo foi determinado pela diferença entre os volumes da madeira no estado acima do PSF e no estado absolutamente seco (Equação 7).

$$C_L = \left[\frac{V_{L0} - V_{L100}}{V_{L100}}\right] \times 100 \quad \text{(Equação 4)}$$

$$C_V = \left[\frac{V_{V0} - V_{V100}}{V_{V100}}\right] \times 100 \quad \text{(Equação 5)}$$

$$\alpha_{l,r,t} = \left[\frac{V_u - V_s}{V_s} \right]$$

$$\times 100 \text{ (Equação 6)}$$

$$\alpha_{l,r,t} = \left[\frac{D_u - D_s}{D_s} \right]$$

$$\times 100 \text{ (Equação 7)}$$

Em que: α = coeficiente de contração (%); α = coeficiente de inchamento; l, r, t, v = sentido da contração inchamento longitudinal, radial, tangencial ou volumétrico, respectivamente; D_u = Dimensão do corpo-de-prova no estado saturado de umidade, em mm; D_s = Dimensão do corpo-de-prova no estado seco em estufa (0%), em mm; V_u = Volume do corpo-de-prova no estado saturado de umidade, em cm^3 ; V_s = Volume do corpo-de-prova no e

stado seco em estufa (0%), em cm^3

2.5 Fator de anisotropia da madeira

Nas espécies florestais quando maiores forem às variações em suas dimensões nos sentidos anatômicos radial e tangencial, maior será o seu fator de anisotropia, o que conseguinte significa que pior é o seu desempenho no decorrer da secagem ou na obtenção de umidade (MORESCHI, 2012). Assim este Fator de anisotropia se da pela relação entre a contração ou inchamento tangencial com o radial (Equação 8).

$$A = \frac{\beta}{\alpha}$$

$$\frac{\beta_t}{\alpha_r} \text{ ou } \frac{\beta_r}{\alpha_t} = A$$

$$\text{(Equação 8)}$$

Em que: A= fator de anisotropia; β_t = Contração tangencial; β_r = Contração radial; α_t = inchamento tangencial; α_r = inchamento radial.

2.6 Ponto de saturação das fibras

O Ponto de saturação das Fibras foi obtido através da análise dos dados onde a partir no momento em que o volume dos corpos de prova se mantiveram constante chegaram assim no seu ponto de saturação das fibras onde foi calculado também o teor de umidade que estavam as amostras nesta ocasião.

2.7 Resistência a compressão

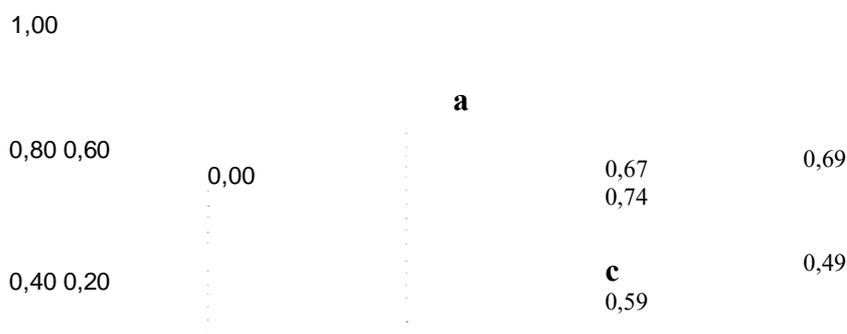
Primeiramente todas as amostras foram pesadas e medidas com auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm e uma balança analítica de 0,0001g de precisão, e posteriormente calculou-se densidade aparente amostras. Em seguida, uma a uma, as amostras foram posicionadas na máquina de ensaios, que é conectada a um computador, e controlada através de um software próprio, inseriu-se as variáveis de velocidade de deslocamento da mesa, carga máxima aplicada, dimensões da amostra e tipo de ensaio realizado. Durante o ensaio, gerou-se um gráfico de força *versus* deformação, e ao final do processo obteve-se os valores de carga máxima aplicada, deformação. As velocidades de deslocamento da mesa 0,65 mm/min para compressão paralela às fibras. Tanto o MOR – Módulo de Ruptura na compressão paralela as fibras, quanto o MOE – Módulo de Elasticidade, foram diretamente obtidos pelo software da máquina universal de ensaios.

Os cálculos das propriedades físicas e mecânicas foram realizados com auxílio do software de cálculos Excel, e para as análises estatísticas foi utilizado o software Assistat 7.7, utilizando para a análise de variância o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), e para teste de médias utilizado o teste Tukey com nível de 5% de probabilidade de erro e 95% de confiança.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Massa específica da madeira

Na Figura 01 podem ser observados os dados da massa específica básica obtidos das cinco espécies de madeira da Amazônia avaliadas. Para a madeira proveniente da espécie *Qualea* sp. (Cambará), encontrou-se valores de massa específica básica média de 0,67 g/cm³, próximas a encontrada por Biasi (2005) no valor de 0,57 g/cm³, já a espécie *Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr (Garapeira) apresentou de massa específica básica média 0,74 g/cm³, valor próximo a encontrada por Moraes Neto et al. (2009) de 0,67 g/cm³, sendo que esta espécie apresentou a maior massa específica sendo uma espécie muito utilizada na construção civil como vigas, ripas, caibros entre outros.



Cambará Garapeira Angelim Pedra Cedrinho Itaúba Figura 01. Massa específica básica da madeira das cinco espécies. **3.2 Porosidade da madeira**

O Cambará apresentou uma porosidade de 56,59%, similar a encontrada por Romanini et al. (2014) de 58,26%, sendo que a Garapeira apresentou a porosidade média de 51,80%. O Angelim Pedra 61,39% de porosidade, e a madeiro do Cedrinho 68,48% (Tabela 1). A espécie Itaúba apresentou uma porosidade de 55,38%, próxima de 47,94% obtida nos estudos de Romanini et al. (2014). Sendo que com a análise da média no teste de Tukey observou-se que as espécies variaram estatisticamente, entretanto o Cambará e a Itaúba não se mostraram diferente estatisticamente.

O Cedrinho apresentou o maior percentual de porosidade e a menor massa específica, por ambas serem relacionadas, devido o alto percentual de porosidade a espécie apresenta maior quantidade de espaços vazios.

Tabela 1 Características físicas da madeira dados de Porosidade das cinco espécies em (%)

	Cambará	Garapeira	Angelim	Pedra	Cedrinho	Itaúba	Média
	56,59	51,80	61,39	68,48	55,38	56,59	c
Máximo	60,80	55,21	64,57	69,94	57,73	60,80	a
Mínimo	52,59	48,69	59,15	66,78	53,07	52,59	c
S	3,07	2,51	2,05	0,98	1,48	2,66	S
CV(%)	5,43	4,85	3,33	1,43	2,66	3,07	S

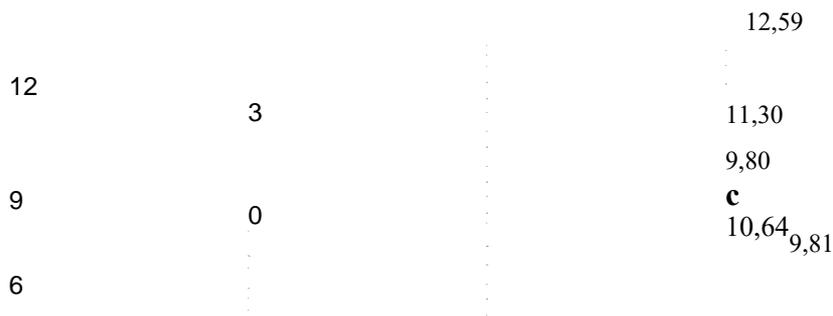
S: desvio padrão; CV%: coeficiente de variação.

3.3 Teor de Umidade de Equilíbrio

Na Figura 02 mostra na forma de gráfico a diferença entre as espécies e a variação dentro da espécie. A espécie *Erisma uncinatum* Warm apresentou o maior teor de umidade de

equilíbrio médio das espécies estudadas com 12,6%, seguida da espécie *Qualea* sp. que apresentou um teor de umidade de equilíbrio médio de 11,3%. O *Hymenolobium petraeum* Ducke obteve um teor de umidade de equilíbrio de 10,64 % inferior ao encontrado por Cassiano et al. (2013), de 16%. Seguindo da espécie *Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr com 9,8% de teor de umidade de equilíbrio médio muito inferior também ao encontrado por Cassiano et al. (2013) de 20,75% podendo ser justificado devido ao fato de neste trabalho estar no período seco e no de Cassiano et al. (2013) no período chuvoso.

15 a



Cambará Garapeira Angelim Pedra Cedrinho Itaúba Figura 02. Teor de umidade de equilíbrio da madeira das cinco espécies.

A espécie *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. Ex Mez apresentou um teor de umidade de equilíbrio médio de 9,81%, assim no teste de Tukey estão duas não diferem estatística com 5% de probabilidade.

3.4 Ponto de Saturação das Fibras

A Figura 03 mostra a evolução do volume e a massa das amostras estudadas ao longo do tempo em que foram pesadas e medidas diariamente até atingirem a estabilização. As espécies apresentaram um volume constante no décimo dia após a imersão, apesar do peso continuar aumentando ao longo do tempo com ilustra a figura anterior. A espécie Garapeira atingiu o Ponto de Saturação das fibras no 10º dia seguido pela espécie Angelim Pedra, Cedrinho e Itaúba no 11º dia, e a espécie Cambará atingiu o PSF no 12º dia.

Sendo que o teor de umidade do PSF foi entorno de 22 a 29% próximo ao exposto na literatura de 28% para todas as espécies (MORESCHI, 2012). O Cedrinho apresentou o maior teor de umidade no PSF que foi de 29,64% e o menor foi a Itaúba com 22,25%, sendo que a espécie Cambará, Angelim Pedra e Garapeira apresentarão valores de 25,4%; 25,89% e 26,75%, respectivamente.

Figura 03. Ponto de Saturação das Fibras (PSF) para a madeira das cinco espécies.

3.5 Retratibilidade da Madeira

A Tabela 2 mostra os dados médios de contração longitudinal, radial, tangencial e volumétrica de cada espécie em %, de cada espécie estudada seguido dos dados possui a letra que significa que as médias seguintes com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si e está foram obtidas através do Teste de Tukey.

Tabela 2 Contração das cinco espécies de madeira

	β L (%)	β R (%)	β T (%)	β v (%)
Cambará	0,69 a	5,62 a	6,63 a	12,47 a
Garapeira	0,63 a	4,13 bc	5,43 ab	9,90 c
Angelim Pedra	0,51 a	4,14 bc	5,82 ab	10,18 bc
Cedrinho	0,59 a	5,11 ab	6,75 a	12,03 ab
Itaúba	0,51 a	3,55 c	4,84 b	8,69 c

β L: contração lateral da madeira; β R: contração radial da madeira; β T: contração tangencial da madeira β v: contração volumétrica da madeira.

A madeira do Cambará apresentou contração similares ao do banco de dados Madeiras Brasileiras (2016) que mostrou valores de contração tangencial de 8,1% de contração radial de 4,6% distantes, mas a contração volumétrica de 13,5% similar a encontrada neste trabalho de 14,32%. Garapeira apresentou um valor de contração radial média de 4,13% similar do IPT (2009) de 4,4%, já a contração volumétrica do IPT é de 14% superior à encontrada no estudo.

O Angelim Pedra apresentou contração volumétrica média obtida foi de 10,18% similar ao do IPT (2009) de 10,1%. Já as contrações radial e tangencial são próximas aos da Madeiras Brasileiras de 4,1% e 6,3% respectivamente. Com a espécie Cedrinho a contração volumétrica média foi de 12,03% similar ao do IPT (2009) de 12,5%. Já as contrações radial e tangencial foram pouco distantes aos da Madeiras Brasileiras de 3,6% e 8,7% respectivamente. A madeira de Itaúba a contração volumétrica média foi de 8,69%, um pouco distante da encontrada pelo IPT (2009) de 12,1%.

Para o inchamento volumétrico, foram observados resultados que seguem o mesmo padrão observados para contração (Tabela 3). De modo geral, as madeiras de Garapeira e Angelim Pedra foram as que apresentaram a maior instabilidade dimensional.

Tabela 3. Inchamento das cinco espécies de madeira

	αL (%)	αR (%)	αT (%)	αv (%)
Cambará	0,73 a	5,78 a	6,99 a	14,32 a
Garapeira	0,63 a	4,31 bc	5,75 ab	11,00 ab
Angelim Pedra	0,52 a	4,33 ab	6,18 ab	11,35 ab
Cedrinho	0,59 a	5,40 ab	7,26 a	13,73 a
Itaúba	0,52 a	3,69 c	5,09 b	9,53 b

αL : contração lateral da madeira; αR : contração radial da madeira; αT : contração tangencial da madeira αv : contração volumétrica da madeira.

3.6 Fator de anisotropia

Foram calculados a relação T/R (Tangencial / radial) em relação aos dados de contração da madeira, como mostra a Figura 04, onde estatisticamente as cinco espécies não diferem entre si, mas, apresentam grandes variações dentro das espécies como mostra a barra de erro na figura. Sendo que a espécie Cambará teve um resultado de 1,19; já a Garapeira apresentou uma relação T/R de 1,36 próxima encontrada pela Madeiras Brasileiras (2016) de 1,55. A madeira de Angelim-Pedra apresentou um resultado de 1,44 também próximo ao Madeiras Brasileiras (2016) de 1,55. As espécies Cedrinho que obteve valor de 1,39 e Itaúba com 1,38 divergirão com os resultados do banco de dados Madeira Brasileira (2016) que mostra os valores de 2,42 e 3,04 respectivamente.

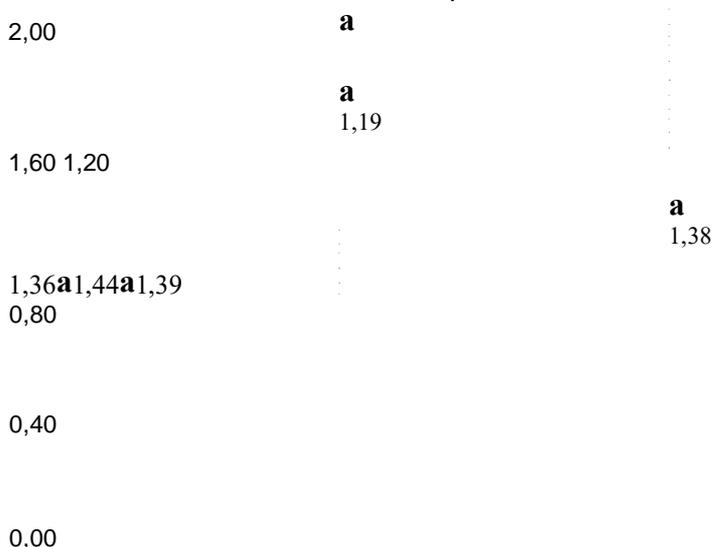
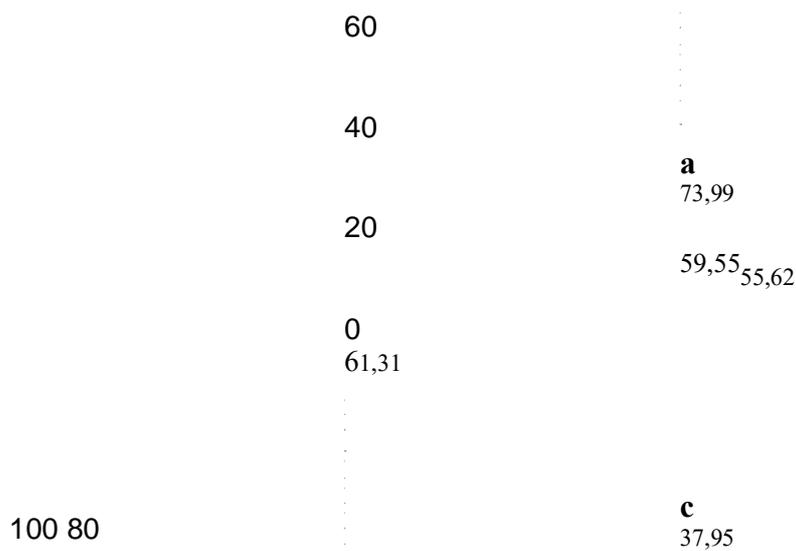


Figura 04. Fator anisotrópico das cinco espécies de madeira.

3.7 Compressão paralela às fibras

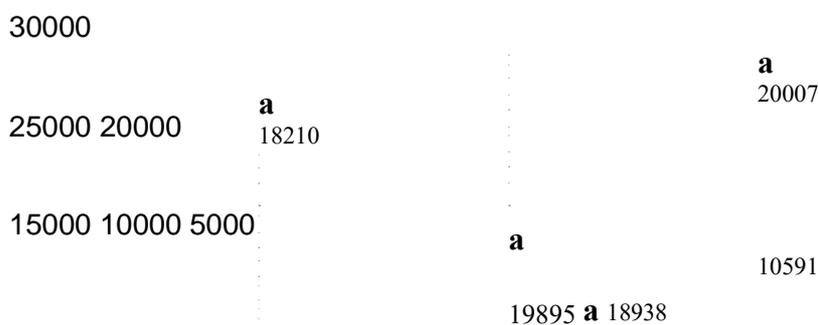
Após o ensaio realizado com a máquina universal de ensaios mecânicos e cálculos foram obtidos os seguintes dados médios para as cinco espécies. O MOR – Módulo de ruptura da espécie Cambará e Cedrinho foi próxima ao apresentado pelo IPT (2009) que foi de 56,5 MPa, e 37,9 MPa, respectivamente (Figura 05).



Cambara Garapeira Angelim Pedra Cedrinho Itaúba
 Figura 05. Módulo de ruptura das cinco espécies estudadas.

Sendo que o Cedrinho também apresentou a menor massa específica básica e o menor módulo de ruptura o que nos mostra que essas duas propriedades da madeira estão interligadas, o uso desta espécie na construção civil é apenas em estruturas leves como portas, venezianas entre outros.

O Módulo de elasticidades (MOE) das espécies analisadas, nos mostra as variações existentes entre as espécies (Figura 06).



O Cambará Garapeira Angelim Pedra Cedrinho Itaúba Figura 06. Ensaio de compressão paralela às fibras, MOE módulo de elasticidade.

Sendo que com a realização do Teste de Tukey mostrou que a madeiras de Cambará, Garapeira, Angelim Pedra e Itaúba não mostraram diferença estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, apenas a espécie Cedrinho se mostrou inferior às demais espécies.

Da espécie Cambará o MOE foi de 18210,1 MPa se apresentou um pouco distante do encontrado na literatura de 13700 MPa. A Garapeira e Itaúba também apresentou um MOE superior ao do exposto pelo de 14460 MPa e 16387 simultaneamente, O Angelim Pedra e o Cedrinho se mostraram semelhante ao do IPT (2009) de 17691 MPa, 12101 MPa, respectivamente.

Sendo que a de Itaúba apresentou o maior modulo de elasticidade e também a maior variação dentro da espécie, seguida da espécie Garapeira, Angelim Pedra e Cambará com a menor elasticidade e menor valor encontrado entre elas foi o Cedrinho. Para Ballarin; Palma (2003) os módulos de ruptura (MOR) e de elasticidade (MOE) da madeira são altamente correlacionados com a densidade, portanto são influenciados pela qualidade da madeira.

3. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que, das cinco espécies da Amazônia estudadas, a espécie *Apuleia leiocarpa* e *Mezilaurus itauba* apresentaram os maiores valores massa especifica básica, menores contração volumétrica podendo assim ser considerada umas das melhores espécies estudadas. Porém com a avaliação do fator de anisotropia todas as espécies são consideradas madeiras excelentes, muito recomendadas usos na construção civil e outros.

Com a realização das análises das propriedades mecânicas, nos mostra que a Garapeira se encontra com os melhores resultados tanto para o MOR quanto para o MOE, mas as demais com valores próximos, isso elucida suas características para seu melhor aproveitamento na indústria madeireira. Apenas a madeira de Cedrinho que se mostrou inferior às demais espécies estudadas sendo que o mesmo também apresentou a menor massa especifica, assim dever-se-á tomar devidas precauções em usos como nas construções civis, apesar de ser indicada em usos leves.

As espécies Garapeira, Itaúba, e Angelim Pedra se mostraram com uns dos melhores resultados, sendo estas muito utilizadas em construção civil como vigas, ripas e caibros, e também marcenaria, assim seus resultados foram compatíveis com suas utilizações.

O Cambará exibiu resultados favoráveis quanto ao seu uso, contudo na literatura indica usos leves na construção civil, isto se deve ao fato da variação de gênero da espécie.

De maneira geral as espécies se mostraram de bom aproveitamento para diversos fins e recomenda-se mais estudos com espécies nativas do Bioma Amazônico, por estas serem utilizadas em construções, indústria madeireira, secagem de grãos entre outros fins, pois há pouco conhecimento de várias espécies que possuem grande potencial.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLARIN, A. W; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.

BIASI, C. P. **Rendimento e eficiência no desdobro de três Espécies Tropicais**. 2005. 67f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BOTOSSO, P. C. **Identificação macroscópica de madeiras: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento**. Embrapa Florestas, 2011.

CAMARGO, E. C. G.; et al. A importância da modelagem da anisotropia na distribuição espacial de variáveis ambientais utilizando procedimentos geoestatísticos. In: **Anais X SBSR**, Foz do Iguaçu, INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Brasil, p. 395-402, 2001.

CASSIANO, C. ; et al . Sazonalidade da umidade de equilíbrio das madeiras tropicais na região Norte do Mato Grosso por meio de modelos climáticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 457-468, dez. 2013.

FRANÇA, M. C.; CUNHA, A. B. Determinação da relação resistência/rigidez e teor de umidade da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. In: **Anais do IV Congresso Florestal Paranaense**. 2012.

HEIN, P. R. G.; et al. Estimativa da resistência e da elasticidade à compressão paralela às fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* usando a espectroscopia no infravermelho próximo. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 119-129, jun. 2009.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO.
Madeira: uso sustentável na construção civil. 2ª ed. São Paulo, 2009.

MADEIRAS BRASILEIRAS. Serviço Florestal Brasileiro (SFB). DATABASE OF BRAZILIAN WOOSD. Disponível em <
<http://www.sistemas.florestal.gov.br/madeirasdobrasil/>> Acesso em: 06/04/2017.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da Madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR. Curitiba, 1ª. ed., fev/ 2005; 4ª edição: nov/ 2012.

MOTTA, J. P. **Propriedades tecnológicas da madeira de *Tectona grandis* L. F. Proveniente do Vale do Rio Doce, Minas Gerais**. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais) – Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

MORAES NETO, S. P., et al. **Caracterização da madeira de cinco procedências de *Pinus tecunumanii* implantadas no Cerrado do DF**. Planaltina, DF. Embrapa Cerrados, fev. 2009. 30p.

OLIVEIRA, L. Z.; et. al. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, germinação e plântulas de *Hymenolobium petraeum*. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, p. 1732-1740, 2010.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. Viçosa: **Revista Árvore**, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

REZENDE, M. A. et al. Estudo das interrelações entre massa específica, retratibilidade e umidade da madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 8 anos de idade. **IPEF, Piracicaba**, n. 48/49, p. 133-141, 1995.

ROMANINI, A. et al. Durabilidade Natural da Madeira de Quatro Espécies Amazônicas em Ensaio de Deterioração de Campo. **Nativa**, v. 2, n. 1, p. 13-21, 2014.

