



VARIAÇÃO LONGITUDINAL DA DENSIDADE APARENTE DE *Euxylophora paraensis* HUBER.

Emilly P. OLIVEIRA¹, Bruno F. CAMPOS¹, Thaiza A. F. RODRIGUES¹, Ana M. A. CARDOSO¹, Juliane S. SAMPAIO¹, Victor H. P. MOUTINHO¹

1 – Laboratório de Tecnologia da Madeira, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Brasil
mirellecardoso@live.com

Resumo: *Euxylophora paraensis* Huber, nativa da Amazônia, densidade média e com propriedades que confere o emprego em diversos usos contribuindo para sua intensa exploração. Como a densidade é uma das características que influencia diretamente nas propriedades mecânicas e de resistência, o objetivo deste trabalho é avaliar a variação longitudinal da densidade aparente, buscando localizar a melhor posição para estimar a densidade aparente média de indivíduos da espécie. O material foi coletado em plantios da Estação Experimental de Curuá-una, localizada na cidade de Prainha/PA. Após a derrubada das árvores, foram retirados discos de aproximadamente oito centímetros de espessura nas posições de 0, DAP, 25, 50, 75, 100% da altura comercial das toras, e levados para aclimação a 12% de umidade. A análise estatística foi realizado pela ponderação das médias e pelo teste de Scott-Knott. A variação da densidade ao longo do fuste não apresentou diferença significativa a 5% de probabilidade e a posição que apresentou maior e menor valor de densidade foi a 0% e 75% com valores de 0,8330 e 0,7720 g/cm⁻³, respectivamente. Verifica-se que os valores de densidade encontrados na altura do peito superestimam o valor médio da densidade. De acordo com os resultados, a posição ao longo do fuste que melhor representa a densidade média ponderada de indivíduos de *E. paraensis* H. está entre 25 e 50% da altura comercial.

Palavras-chave: Pau-amarelo, ponderação longitudinal, caracterização física da madeira, Amazônia.

LONGITUDINAL VARIATION OF THE APPARENT DENSITY OF *Euxylophora paraensis* Huber

Abstract: *Euxylophora paraensis* Huber is an native specie from Amazonia, which has medium density and properties that gives employment in various uses, contributing for its intense exploitation. As the density is one of the characteristics that directly influences the mechanical properties and resistance of the wood, the aim of this study is to evaluate the longitudinal variation of density, trying to locate the best position to estimate the apparent average density of individuals of the species. The material was colleted in plantations of Experimental Station Curuá-una located in Prainha/PA. After harvesting the trees, disks of eight centimeters thickness were collected 0, DAP, 25, 50, 75, 100% of the comercial height and taken to acclimation to 12% moisture content. Statistic analysis was performed by weighting the average and the Scott-Knott test. The variation of the density along the tree showed no significant difference at 5% probability and the position with the highest and lowest value was 0% and 75% with 0,8330 and 0,7720 g/cm⁻³, respectively. It is noted that the



density values found in breast height overestimate the average density. According to the results, the position along the tree which best represents the weighted apparent density of *E. paraensis* individuals is between 25% and 50% of the commercial height.

Keywords: Yellow-wood, longitudinal weighing, physical characteristics of wood, Amazon.

1. INTRODUÇÃO

O pau-amarelo (*Euxylophora paraensis* Huber), pertencente à família Rutaceae, é popularmente conhecido desta forma por apresentar lenho de coloração amarelada. O indivíduo adulto alcança aproximadamente 50 m de altura e 100 cm de diâmetro (GARCIA, 2014). Esta família está distribuída principalmente em regiões tropicais e temperadas do planeta, onde no Brasil é nativa da Amazônia brasileira com aproximadamente 200 espécies já catalogadas (ISIDORO et al., 2012).

A madeira da *E. paraensis* possui cerne e alburno indistintos quanto sua cor e com brilho acentuado, apresentando vasos do tipo difuso que variam entre solitários e múltiplos em sua maioria, bem como presença de tilos, pontuações intervasculares pequenas, alternas, as fibras são libriformes, não ramificadas e com paredes pouco espessas (EMBRAPA, 2014). Essa espécie possui madeira de densidade média e propriedades que lhe conferem boa resistência física e mecânica sendo assim empregado em diversos usos como movelaria, construção civil e construção naval, o que contribuiu para intensa exploração da mesma (ISIDORO et al., 2012).

A complexidade e a variabilidade estrutural do lenho das árvores refletem na variação das suas propriedades. Dentre as características mais relevantes da madeira, destacam-se a anatomia, densidade e sua composição química (RICHTER e BURGER, 1991). Em que as propriedades físicas da madeira influenciam ativamente na sua melhor forma de utilização, contudo, há uma grande variabilidade de seus componentes e estruturas que variam não só entre indivíduos de diferentes espécies, mas também em espécies iguais e em partes diferentes de um mesmo indivíduo, ocorrendo pela alta complexidade biológica desse material, conferindo-lhe assim características heterogêneas (SOUSA e SILVA, 2003).

Dessa forma, a densidade é considerada uma das características físicas mais importantes da madeira, pois a mesma se relaciona com as demais propriedades o que justifica sua utilização como índice de qualidade sendo expressa pela relação entre a massa de um corpo e o seu volume (TRUGILHO et al., 2002; COELHO et al., 2014), tornando-a um importante parâmetro do índice de qualidade, pois a partir desse índice irão ser determinados os usos múltiplos que a madeira pode ser empregada, sendo como madeira sólida ou transformada (ARAÚJO, 2007). Contudo a densidade aparente apresenta vantagem devido à facilidade de se obter resultados referentes à umidade e volume em qualquer momento, estando a amostra em umidade de equilíbrio (BRUDER, 2012).

Em estudos que se obtém apenas uma amostra de árvore para se determinar a massa específica da madeira é importante saber qual a melhor posição do tronco, em que sua massa específica corresponde à massa específica média da árvore em função da variação ao longo do fuste (MENDES et al., 1999).

Diversos estudos comprovaram que a madeira apresenta variação de densidade no sentido longitudinal e radial, seu volume também varia no sentido base topo, pois a melhor forma que representa o fuste é o cone (VITAL 1984; SILVA et al., 2004; GOUVEA et al., 2011). Assim é necessário determinar uma média ponderada da densidade de um indivíduo, minimizando o erro decorrente dessas variações.



Segundo Klock (2000), o aprimoramento no emprego de novas tecnologias para transformação e uso racional da madeira na geração de novos produtos requer o conhecimento adequado de suas características e comportamentos como matéria-prima. O objetivo desse estudo é avaliar a variação longitudinal da densidade aparente da espécie *Euxylophora paraensis* H. e assim estimar o local que melhor representa a densidade verdadeira da mesma por meio de comparações entre a média ponderada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Coleta

O material foi coletado em plantios da Estação Experimental de Curuá-una, localizada no município de Prainha, Estado do Pará, com aproximadamente 71.250 ha, o local possui como características áreas de várzea, flanco e planalto, com o clima tropical chuvoso. A área pertence ao Centro de Tecnologia Madeireira – CTM da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM, com a posição geográfica de longitude W 54° 05' 34'' e latitude S de GREENWICH 02° 32' 35'', a cerca de 110 km da cidade de Santarém-PA (BARROS, 1996). A espécie estudada encontrava-se com aproximadamente 30 anos de plantio no espaçamento de 3x3, altura comercial variando de 7 a 11 metros e diâmetro médio de 25 cm, foram escolhidas ao acaso cinco indivíduos para o estudo levando em consideração a sanidade e qualidade do fuste.

A Estação Experimental foi implantada em 1957 a partir de um programa extensivo de Silvicultura imposto pelo governo com o objetivo de realização de experimentos e ensaios a fim de enriquecer a floresta natural (SUDAM, 1974). A espécie estudada encontrava-se com aproximadamente 30 anos de plantio no espaçamento de 3x3, altura comercial variando de 7 a 11 metros e diâmetro médio de 25 cm, foram escolhidas ao acaso cinco indivíduos para o estudo levando em consideração a sanidade e qualidade do fuste.

2.2 Preparo do Material

Após a derrubada das árvores, foi retirado um disco de aproximadamente 8 cm de espessura nas posições de 0, 25, 50, 75, e 100% da altura comercial de cada tora, além de um disco de cada indivíduo no diâmetro a altura do peito (DAP), em que foram identificados com códigos numéricos para controle, e levados para o Laboratório de Tecnologia da Madeira-LTM, da Universidade Federal do Oeste do Pará- UFOPA para análise.

Devidamente empilhados com tabiques em sala de aclimação os discos foram acondicionados sob condições de umidade a $65\pm 3\%$ e a temperatura de $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ para alcançar umidade de equilíbrio de 12%. As massas das amostras passaram a ser monitoradas diariamente até que as mesmas não apresentassem variação maior que 0,5% de sua massa, estando assim sua umidade em equilíbrio com o ambiente.

2.3 Determinação da densidade aparente e Análise estatística

Na determinação da densidade aparente, os discos foram impermeabilizados com filme plástico de PVC e imersos em um recipiente com água destilada acoplado em uma balança, tomando o cuidado para não encostar as amostras na borda do recipiente, como a densidade da água corresponde a $1\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, a variação de massa do recipiente sem os discos com relação ao recipiente sem os discos é considerado o volume dos discos.

A fórmula utilizada para obtenção da densidade aparente foi conforme a equação 1 abaixo.

Equação 1:

$$\rho_{ap} = \frac{m}{v}$$

Em que: ρ_{ap} = densidade aparente em g.cm^{-3} a 12% de umidade;
 m = massa do disco em gramas a 12% de umidade; e,
 v = volume do disco a 12% de umidade em cm^3 .

Para a ponderação da densidade aparente média das árvores seguiu conforme metodologia utilizada por Vital (1984). Quanto a comparação das médias entre indivíduos e a variação longitudinal da densidade aparente, utilizou-se o teste Scott-Knott-1974 a 5% de significância. O programa utilizado nas análises foi o software SISVAR versão 5.4.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da (Tabela 1) apontam os resultados referentes à média da densidade aparente da espécie *Euxylophora paraensis*, não apresentando diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade no sentido longitudinal do tronco referente às alturas para cinco indivíduos avaliados, segundo o teste de Scott-Knott (1974) com um erro de 0,0248, considerados baixo estatisticamente evidenciando uma pequena dispersão entre os valores observados e a média geral. Estudos realizados por Ribeiro et al. (2011) com a espécie Cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem.) também não encontrou diferença significativa na densidade longitudinal.

Os resultados obtidos entre as médias da espécie *E. paraensis* na posição a 0% com a média $0,8330 \text{ g.cm}^{-3}$, aproximou-se ao resultado encontrado por Alves et al (2012), onde a massa específica aparente corresponde ao valor de $0,84 \text{ g.cm}^{-3}$ a 15% de umidade (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de densidade aparente ao longo do tronco da espécie *Euxylophora paraensis*.

Posições	Médias (g.cm^{-3})
0%	0,8330 a (0,863-0,772)
25%	0,8122 a (0,871-0,733)
50%	0,8062 a (0,870-0,729)
75%	0,7720 a (0,852-0,679)
100%	0,7998 a (0,858-0,706)
CV	6,90
Erro Padrão	0,0248

Valores médios de densidade aplicados ao Teste de Scott-Knott, (valores entre parêntese são dos máximos e mínimos). Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância.

A Tabela 2 representa a média ponderada, simples e o valor de DAP em que é possível comparar os valores dos diferentes métodos de estimar a densidade aparente da espécie.

Tabela 2. Médias da densidade aparente dos indivíduos de *E. Paraensis*.

Árvore	Média Ponderada (g.cm ⁻³)	Média Simples (g.cm ⁻³)	DAP (g.cm ⁻³)
1	0,8363	0,8310 a	0,8293
2	0,8392	0,8376 a	0,8503
3	0,7352	0,7238 a	0,8371
4	0,8318	0,8234 a	0,8380
5	0,8068	0,8074 a	0,8112
Média Geral	0,8099	0,8046	0,8332

Valores médios de densidade aplicados ao Teste de Scott-Knott. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância.

A partir da média ponderada, pode-se verificar que o indivíduo três apresenta o menor valor de densidade (0,7352 g.cm⁻³) e o indivíduo dois apresenta o maior valor de densidade aparente (0,8392 g.cm⁻³). Essa variação de acordo com Silva et al (2004) pode ocorrer devido a diferentes idades, local de crescimento e tratos silviculturais e diversidade genética, porém como a espécie é oriunda de plantio e apresenta os mesmos fatores de desenvolvimento, a genética da espécie melhor explica este fato. Conforme Higa et al. (1973) e Mendes et al. (1999) espécies que apresentam uma grande dispersão entre indivíduos possuem uma alta potencialidade em programas de melhoramento genético.

Fazendo a comparação entre a Tabela 1 e Tabela 2, verifica-se que a melhor posição no tronco para estimar a densidade média da espécie *E. paraensis* esta entre 25% e 50% com valores de 0,8122 g.cm⁻³ e 0,8062 g.cm⁻³ respectivamente, pois é nestes locais que a densidade se aproxima da média ponderada apresentando 0,8099 g.cm⁻³.

Quanto a comparação entre a média simples e a média ponderada pode-se observar que o primeiro subestima a densidade aparente dos indivíduos. Já para a variável DAP em relação à média ponderada o mesmo superestima a densidade em todos os indivíduos, portanto, a estimativa da densidade nessa posição não representa a densidade média da espécie. Na espécie de *Eucalyptus* a estimação da densidade em nível de DAP não representou adequada para estimar da densidade básica média da árvore (GOUVEA et al., 2011).

A densidade da madeira *E. paraensis* apresenta variação longitudinal assim como em outras espécies. O valor da densidade aparente permanece constante até o a altura do DAP com uma pequena elevação, mas a partir desse ponto a mesma diminui consideravelmente até a posição de 75% do fuste comercial, seguido de um aumento até 100% (Figura1).

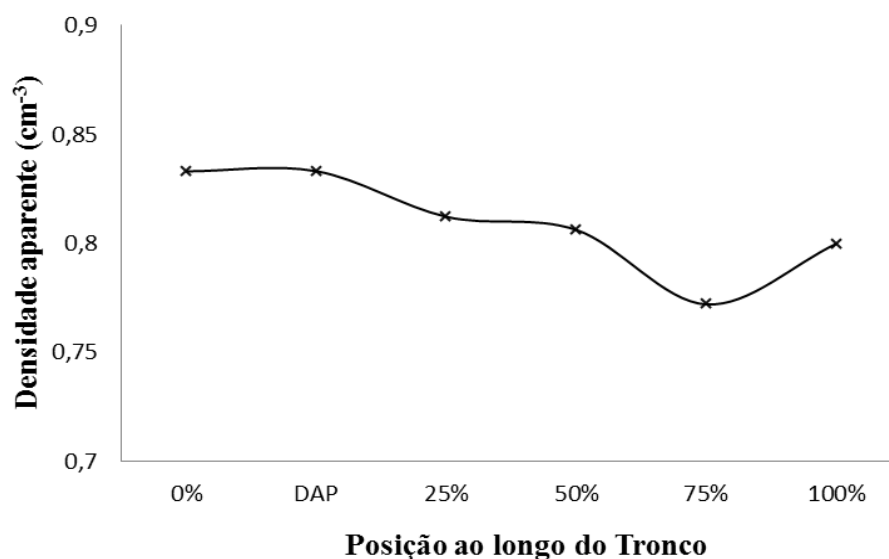
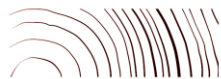


Figura 1: Variação longitudinal de densidade média de *Euxylophora paraensis*.

Palermo et al. (2003) encontrou um comportamento semelhante de variação longitudinal para a espécie de *Pinus elliottii* onde houve uma elevação até o DAP e a 75% da altura comercial e cita uma possível explicação, onde é influenciado pela copa, pois no ponto de inserção dos galhos ocorre alteração na estrutura anatômica da madeira resultando no aumento da densidade.

Assim a espécie apresenta comportamento de variação longitudinal do tipo 2 conforme Panshin e De Zeew (1970), onde a densidade decresce até certo ponto e cresce deste, até o topo da árvore, podendo decrescer levemente nas partes superiores. Diferente do resultado encontrado por Trevisan et al. (2012) em *Eucalyptus grandis* em que o valor da densidade diminui até o DAP e a partir deste aumenta sem um padrão regular até o topo. Esses resultados reforçam a importância de se determinar a melhor posição no tronco para determinação da densidade média da árvore.

A redução da densidade aparente na parte central do fuste pode ser explicada pelos diferentes tipos de lenho presentes nessa região a citar o lenho de tração e compressão existentes mediante as constantes tensões ocasionadas por ventos ou outros fatores ambientais e topográficos, são possíveis que isto ocorra como uma estratégia de defesa para aliviar as tensões internas provocadas por diferentes forças de sustentação, desta forma, a redução da densidade no centro do fuste torna a árvore mais flexível evitando a quebra quando submetida a tensões externas.

CONCLUSÃO

- Não há variação longitudinal significativa para os indivíduos estudados;
- Não há variação significativa entre os indivíduos estudados;
- O DAP superestima o valor da densidade aparente em 12%;
- A melhor posição para amostragem da densidade de *Euxylophora paraensis* Huber está entre 25 e 50% da altura do fuste.



REFERÊNCIAS

ALVES, R. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; MOTTA, J. P.; PAES, J. B. Caracterização Anatômica Macroscópica de Madeiras Folhosas Comercializadas no Estado do Espírito Santo. FLORESTA E AMBIENTE, v.19, n. 3, p.352-361, 2012.

ARAÚJO, H.J.B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. FLORESTA, v.37, n3, p. 399-416, 2007.

BARROS, A.V. Análise estrutural de uma floresta situada no planalto de Curuá-una, Pará. 1996.112 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém.

BRUDER, E.M. Métodos de determinação da densidade básica e aparente da madeira de *Eucalyptus* sp. 2012. 113 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp, Botucatu.

BURGUER, L.M.; RICHTER, H. G. Anatomia da madeira. Nobel. São Paulo, 1991. 154p.

COELHO, J.C.F.; LIMA, R.S.; SILVA, J.C, CALDERON, C.M.A.; CALDERON, R.A. Variação longitudinal e radial das características anatômicas e físicas da madeira de *Iraythera grandis* Ducke (Myristicaceae). ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, v.10, n.19, p.1908-1922, 2014.

GARCIA, S.S.C. Estudos dendrocronológicos em *Euxylophora Paraensis* huber (Rutaceae) e *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae) provenientes de plantios em terra firme na Amazônia oriental. 2014. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.

GOUVÊA, A. F. G; TRUGILHO, P. F; GOMIDE, J. L.; SILVA, J. R. M.; ANDRADE, C. R.; ALVES, I. C. N. Determinação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* por diferentes métodos não destrutivos. REVISTA ÁRVORE, v. 35, n. 2, p. 349-358, 2011.

HIGA, A.R.; KAGEYAMA, P.Y.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *P.elliottii*. var. *elliotti* e *P. taeda*. In: II CONGRESSO FLORESTAL EM CURITIBA, 2, 1973. Curitiba. IPEF.n.7, 1973. P.79-91.

ISIDORO, M.M.; SILVA, M.F.G.F.; FERNADES; J.B.; VIERA, P.C. Fitoquímica e Quimiosistemática de *Euxylophora paraensis* (Rutaceae). QUÍMICA NOVA, v. 35, n11, p.2119-2124,2012.

KLOCK, U. Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E.Moore. 2000. 291 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MARGALHO, L.F.; GURGEL, E.S.C.; GOMES, J.J.; GROppo, M.; SILVA, R.C.V.M.; CARVALHO, L.T.; SOUSA, A.S. Conhecendo espécies de plantas da Amazônia: Pau-amarelo (*Euxylophora paraensis* Huber-Rutaceae). EMBRAPA, agosto 2014. Disponível em: <http://www.empraba.br/amazonia-oriental/publicações>. Acesso em: 25 de maio. 2015.



MENDES, L.M.; SILVA, J.R.M.; TRUGILHO, P.F., LIMA, J.T. Variação da densidade da madeira de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl no sentido longitudinal dos caules. CERNE, v.5, n.1, p. 105-111, 1999.

PALERMO, G.P.M.; LATORRACA, J.V.F.; REZENDE, M.A.; NASCIMENTO, A.M.; SEVERO, E.T.D.; ABREU, H.S. Análise da massa específica da madeira de *Pinus elliotti* Engelm. por meio de radiação gama de acordo com as direções estruturais (longitudinal e radial) e a idade de crescimento. FLORESTA e AMBIENTE, v.10, n.2, p.47-57, 2003.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. Textbook of Wood Technology. MC Graw-Hill Book New York, 1970. 705p.

SILVA, J.C.; OLIVEIRA, J.T.S.; FILHO, M.T.; JÚNIOR, S.K.; MATOS, J.L.M. Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. REVISTA FLORESTA, v.34, n.1, p.13-22, 2014.

SUDAM, 1974. Centro de Tecnologia Madeireira. Amazônia Documento Belém, p.35-49.

TREVISAN, R; ELOY, E; DENARDI, L; HASELEIN, C.R; CARON, B.O. Variação axial e efeito do desbaste na massa específica das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*. CIÊNCIA RURAL, v.42, n.2, p.312-318, 2012.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; REGAZZI, A.J.; SILVA, J.R.M. Efeito da água quente e pressão na determinação da densidade básica da madeira. In: IPEF. Scientia florestalis. Piracicaba, SCIENTIA FLORESTALIS, n. 62, p.40-47, 2002.

VITAL, B.R. Métodos de determinação da densidade da madeira. Viçosa, 1984, CIFI/UFV, 21p. (Boletim técnico, 1)