



Poder Executivo  
Ministério da Educação  
Universidade Federal do Amazonas  
Faculdade de Ciências Agrárias  
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências  
Florestais e Ambientais - PPGCIFA



---

**Volumetria, biomassa e qualidade da madeira de *Hymenaea courbaril*  
L. proveniente de plantios na Amazônia Central**

Manaus  
2016

**Juliana Torres Silva**

**Volumetria, biomassa e qualidade da madeira de *Hymenaea courbaril*  
L. proveniente de plantios na Amazônia Central**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

**Orientador:** Prof. Dr. Nabor da Silveira Pio

**Coorientador:** Prof. Dr. Roberval M. B. de Lima

Manaus

2016

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Silva, Juliana Torres  
S586v Volumetria, biomassa e qualidade da madeira de *Hymenaea courbaril* L. proveniente de plantios na Amazônia Central / Juliana Torres Silva. 2018  
97 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Nabor da Silveira Pio  
Coorientador: Roberval Monteiro Bezerra de Lima  
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. Equações. 2. jatobá. 3. propriedades físicas e mecânicas. 4. plantios. I. Pio, Nabor da Silveira II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



Poder Executivo  
Ministério da Educação  
Universidade Federal do Amazonas  
Faculdade de Ciências Agrárias  
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais e Ambientais - PPGCIFA



## PARECER

Defesa nº 181

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas, após arguir da mestranda **JULIANA TORRES SILVA**, em relação ao seu trabalho de dissertação intitulada “**VOLUMETRIA, BIOMASSA E QUALIDADE DA MADEIRA DE *Hymenaea courbaril* L. PROVENIENTE DE PLANTIOS NA AMAZÔNIA CENTRAL.**” é de parecer favorável à APROVAÇÃO da mestranda habilitando-a ao título de Mestre “*Magister Scientiae*” em Ciências Florestais e Ambientais, na área de concentração em **CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS (CIFA)**.

Professor Doutor Nabor da Silveira Pio  
Professor da Universidade Federal do Amazonas/FCA  
Presidente

Professor Doutor Níto Higuchi  
Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/INPA  
Primeiro Examinador

Professora Doutora Claudete Catanhede do Nascimento  
Pesquisadora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/INPA  
Segunda Examinadora

Manaus, 27 de junho de 2016.



Prof. Dr. Marciel José Ferreira  
Coordenador do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais – PPG-CIFA

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida e saúde para realização deste trabalho;

À meus pais pelo amor e motivação aos estudos;

Ao Prof. Dr. Nabor da Silveira Pio, pelos anos de orientação, amizade, apoio e incentivo ao ingresso no programa de Pós-Graduação;

Ao Prof. Dr. Roberval Monteiro B. de Lima, pela amizade, coorientação e apoio durante todas as etapas desta pesquisa;

Aos Profs. Dr. José Reinaldo M. da Silva, Dr. José Tarcísio Lima e o Técnico Carlos Henrique da Silva do Departamento de Ciências Florestais, pela atenção e colaboração durante a coleta dos dados em Lavras-MG;

Aos amigos Álvaro Carvalho de Lima, Missilene Ferreira e Maurício Esquerdo pelo auxílio nos trabalhos de campo, nas análises e pelos muitos momentos de alegria e descontração;

Aos amigos Jonnys Castro, Mônica de Oliveira e Taiane Guedes pelo apoio à pesquisa, companheirismo e receptividade em Lavras;

À minha afilhada Maria Izabel pelos sorrisos cativantes depois das tardes de estudos;

À Embrapa Amazônia Ocidental pela disponibilização do objeto de pesquisa e seu quadro de funcionários de campo e de serraria;

Aos Srs. Muda e Cuiú da Embrapa Amazônia Ocidental pelo auxílio e comprometimento durante as coletas dos dados;

Aos professores do PPG-CIFA da UFAM que somaram ao meu aprendizado e aos funcionários do Programa pela paciência e apoio aos mestrandos;

À CAPES, pela concessão da bolsa;

E a todos que estiveram direta e indiretamente envolvidos para a realização deste trabalho, meus mais sinceros agradecimentos.

## RESUMO

Este estudo teve por objetivo ajustar modelos matemáticos para estimar o volume comercial com casca e a biomassa aérea seca, e avaliar a qualidade da madeira de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) proveniente de plantios da Embrapa Amazônia Ocidental, em idades diferentes. Para as análises volumétricas, foi realizado inventário 100% e cubagem de 10 árvores com 17 anos e 12 com 24 anos, sendo ajustados 10 modelos para a estimativa do volume. Para a quantificação da biomassa utilizou-se 10 árvores de cada plantio, e para o ajuste das equações foram testados 9 modelos. A qualidade da madeira foi avaliada por meio da aplicação de ensaios físicos (umidade, densidade básica e estabilidade dimensional), e mecânicos (compressão paralela, flexão estática e dureza Janka), regidos pelas normas ABNT 7190 (1997) e ASTM D 143-94 (2000), em corpos de prova retirados de 5 árvores de cada plantio. A estatística utilizada para as comparações levou em consideração médias, intervalo de confiança, variância, desvio padrão e coeficiente de variação. Para verificação de diferença estatística entre as propriedades o Teste  $t$  foi aplicado com  $p < 0,05$ . A equação que obteve melhor ajuste para estimar o volume foi  $\hat{V} = -0,362 + 0,028 \cdot d + 0,00769 \cdot h$ , e para a estimativa da biomassa seca aérea,  $\ln(\hat{M}_s) = -2,209 + 1,859 \cdot \ln(d) + 0,753 \cdot \ln(h)$ . Os coeficientes de determinação ajustado apresentaram valores superiores a 89% e erros padrões de estimativa iguais a 0,061 e 0,172 respectivamente. O incremento médio do volume comercial estimado foi considerado baixo, 11,79 m<sup>3</sup>/ha/ano e 11,13 m<sup>3</sup>/ha/ano para as árvores de 17 e 24 anos respectivamente. A estimativa de biomassa encontrada foi de 207,71 Mg/ha para o plantio com 17 anos e 280,71 Mg/ha para o plantio com 24 anos. Em relação à qualidade da madeira, não se teve evidências que a idade influenciou as propriedades testadas. No entanto os resultados demonstram potencial para substituir algumas espécies tradicionais do mercado, apresentando características físicas aproximadas as dos jatobás provenientes de florestas nativas, e resistência mecânica muitas vezes superior à outras madeiras comerciais. Deste modo, com exceção à utilização na construção civil pesada (estrutural), a madeira de jatobá de até 24 anos, pode ser utilizada para a confecção de diversos produtos que não sejam submetidos à elevados esforços de compressão paralela às fibras.

Palavras-chave: jatobá, equações, propriedades físicas e mecânicas

## ABSTRACT

This study aimed to adjust mathematical models to estimate the commercial volume with bark and dry biomass, and assess the quality of wood jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) from plantations Embrapa Western Amazon, at different ages. For volumetric analysis was performed 100% inventory and cubage of 10 trees with 17 years and 12 to 24, 10 being adjusted models for estimating the volume. For quantification of biomass was used for each planting trees 10, and the adjustment of the equation 9 were tested models. The quality of the wood was evaluated through the application of physical tests (humidity, basic density and dimensional stability) and mechanical (parallel compression, bending and Janka hardness), governed by the ABNT 7190 (1997) and ASTM D 143-94 (2000), in specimens taken from five trees each planting. The statistics used for comparisons took into account average, confidence interval, variance, standard deviation and coefficient of variation. For verification of statistical difference between the properties t test was applied with  $p < 0.05$ . The equation obtained best fit to estimate the volume was  $V = -0.362 + 0.028 \cdot d + 0.00769 \cdot h$ , and an estimated air dry biomass,  $\ln(MS) = -2.209 + 1.859 \cdot \ln(d) + 0.753 \cdot \ln(h)$ . The adjusted determination coefficients showed values greater than 89% and equal error estimation standards to 0.061 and 0.172 respectively. The average increase of the trade volume estimated was considered low, 11.79  $m^3/ha/year$  and 11.13  $m^3/ha/year$  for trees of 17 and 24 years respectively. The estimate of biomass found was 207.71 Mg/ha for planting with 17 years and 280.71 Mg/ha for planting with 24 years. Regarding the quality of the wood, it not had evidence that age influenced the tested properties. However the results demonstrate the potential to replace some traditional species of the market, with approximate physical characteristics of jatobá from native forests, and mechanical resistance often superior to other commercial woods. Thus, except for use in heavy construction (structural), wood jatobá up to 24 years can be used for making various products which are not subjected to high compressive stresses parallel to the fibers.

Keywords: jatoba, equations, physical and mechanical properties

## LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1.** Setor de Base Florestal
- Figura 2.** Localização da Embrapa Amazônia Ocidental
- Figura 3.** Mensuração do diâmetro à altura do peito e altura comercial das árvores
- Figura 4.** Esquema da cubagem utilizado no estudo
- Figura 5.** Corte e cubagem das árvores
- Figura 6.** Esquema de amostragem para análise da biomassa aérea
- Figura 7.** 1-Pesagem; 2-Amostragem de folhas e galhos; 3-Secagem das amostras em estufa
- Figura 8.** Esquema da retirada das pranchas para confecção dos corpos de prova
- Figura 9.** 1-Prancha beneficiada; 2-Lote de corpos de prova enviado para UFLA, acondicionamento em sala de climatização
- Figura 10.** Ensaio de compressão paralela às fibras
- Figura 11.** Ensaio de flexão estática
- Figura 12.** Ensaio de dureza Janka
- Figura 13.** Estatística descritiva e histograma da distribuição diamétrica das árvores (n=22)
- Figura 14.** Distribuição gráfica dos resíduos (n=22) para os modelos volumétricos
- Figura 15.** Gráficos da equação ajustada para a estimativa do volume em plantios de jatobá e superfície de resposta
- Figura 16.** Distribuição gráfica dos resíduos (n=22) para os modelos de biomassa aérea
- Figura 17.** Equação ajustada para a estimativa da biomassa acima do solo em plantios de jatobá

## LISTA DE QUADROS

- Quadro 1.** Modelos testados para estimativa do volume comercial com casca
- Quadro 2.** Modelos testados para estimativa de biomassa aérea seca
- Quadro 3.** Ajuste e parâmetros estatísticos de seleção dos modelos
- Quadro 4.** Intervalo de confiança para os valores dos coeficientes da equação (8) a partir da reamostragem *bootstrap*.
- Quadro 5.** Ajuste e parâmetros estatísticos de seleção dos modelos
- Quadro 6.** Caracterização tecnológica da madeira de *Hymenaea courbaril* aos 17 e 24 anos
- Quadro 7.** Caracterização tecnológica das espécies potencialmente substituíveis pelo jatobá com idade inferior a 24 anos



## LISTAS DE TABELAS

**Tabela 1.** Produção de madeira em tora e receita bruta da indústria madeireira na Amazônia Legal em 2009

**Tabela 2.** Propriedades analisadas, norma utilizada e amostragem

**Tabela 3.** Intervalo de confiança e fator de forma médio para as variáveis dendrométricas dos plantios

**Tabela 4.** Percentual de árvores em classes de diâmetro e altura total para o jatobá de 24 anos

**Tabela 5.** Volume individual observado e estimado, dap, altura comercial, intervalo de confiança para o estoque do volume comercial ajustado em 1 ha e incremento anual

**Tabela 6.** Intervalo de confiança para a biomassa seca dos compartimentos aéreos e representação percentual

**Tabela 7.** Porcentagem de madeira juvenil em toras comercializáveis de *Pinus taeda*, com diferentes idades

**Tabela 8.** Biomassa seca individual observada e estimada, dap, altura total e intervalo de confiança para o estoque de biomassa aérea ajustada em 1 ha

**Tabela 9.** Intervalo de confiança, variância, desvio padrão e coeficiente de variação para a umidade da madeira

**Tabela 10.** Intervalo de confiança, variância, desvio padrão e coeficiente de variação para a densidade da madeira

**Tabela 11.** Intervalo de confiança para os parâmetros de retratibilidade e inchamento

**Tabela 12.** Magnitude da retração dimensional e volumétrica nas diferentes direções estruturais da madeira

**Tabela 13.** Coeficiente de anisotropia dimensional, qualidade e uso da madeira

**Tabela 14.** Intervalo de confiança, variância, desvio padrão e coeficiente de variação para a compressão paralela às fibras e módulo elasticidade

**Tabela 15.** Intervalo de confiança, variância, desvio padrão e coeficiente de variação para flexão e MOE

**Tabela 16:** Intervalo de confiança, variância, desvio padrão e coeficiente de variação para a dureza Janka nas direções radiais e tangenciais

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
3.1. FLORESTAS PLANTADAS .....	5
3.2. VOLUMETRIA .....	7
3.3. BIOMASSA.....	8
3.4. QUALIDADE DA MADEIRA.....	10
3.4.1. Propriedades físicas.....	10
3.4.2. Propriedades mecânicas.....	12
3.5. CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE.....	14
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
4.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA COLHEITA .....	15
4.2. VOLUMETRIA .....	17
4.2.1. Amostragem e cubagem .....	17
4.2.2. Determinação do volume comercial .....	18
4.2.3. Análise estatística.....	20
4.3. BIOMASSA.....	24
4.3.1. Amostragem e determinação da massa verde .....	24
4.3.2. Determinação da massa seca .....	25
4.3.3. Análise estatística.....	26
4.4. QUALIDADE DA MADEIRA.....	27
4.4.1. Propriedades físicas.....	30
4.4.2. Propriedades Mecânicas.....	33
4.4.3. Análise estatística.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1. VOLUMETRIA .....	37
5.2. BIOMASSA.....	47
5.3. QUALIDADE DA MADEIRA.....	54
5.3.1. Umidade.....	54
5.3.2. Densidade básica .....	56
5.3.3. Estabilidade dimensional.....	58
5.3.4. Compressão paralela às fibras.....	61
5.3.5. Flexão estática .....	63
5.3.6. Dureza Janka .....	64
6. CONCLUSÕES .....	70
7. REFERÊNCIAS	

## 1. INTRODUÇÃO

Historicamente, a exploração de madeira tropical no mundo foi sustentada no desmatamento, gerando uma perspectiva crescente de declínio das florestas tropicais. Embora substancial em volume, a produção proveniente de florestas nativas enfrenta muitos desafios relacionados à sustentabilidade, legalidade, tecnologia aplicada ao processamento da madeira, mão de obra, entre outros (FAO, 2012; SFB, 2012).

Desta forma, o cenário mundial já tende a sofrer mudanças devido à escassez de matéria-prima e oferta limitada de produtos madeireiros, em consequência da redução do desmatamento em muitos países e diminuição dos estoques de floresta na África e Sudeste Asiático (SFB, 2014; FAO, 2010).

Considerando que futuramente grande parte do fornecimento de madeira será proveniente de plantios, no Brasil, as regiões Sul e Sudeste já são referência no que diz respeito à florestas plantadas, exercendo um papel importante no desenvolvimento socioeconômico do país, e suprimindo as necessidades de consumo e abastecimento das indústrias florestais do país (FAO, 2007; MACHADO et al., 2002; MIRANDA et al., 2015).

Com isso, há uma crescente preocupação em garantir que os produtos madeireiros atendam os requisitos necessários para desempenhar suas funções com a qualidade requerida pelos consumidores, além da manutenção de um padrão de produtividade contínuo, exigindo-se assim um maior empenho em pesquisas direcionadas ao desenvolvimento do setor florestal neste segmento.

Porém, estudos referentes ao manejo e tecnologia de espécies nativas da Amazônia proveniente de plantios ainda são escassos, necessitando de contribuições que atraiam potenciais investidores, e que apresentem informações que otimizem as atividades florestais e as etapas do processamento da madeira, oferecendo ao mercado uma diversidade em produtos originalmente amazônicos.

Portanto, é esperado que as informações disponibilizadas neste trabalho possam ter aplicabilidade em empresas de cunho florestal, ou complementar outras pesquisas, para que o consumo de madeiras nativas plantadas torne-se uma realidade próxima, valorizando-se assim às espécies amazônicas, qualificando-as para usos alternativos e promovendo um consumo racional e sustentável dos recursos florestais.

## **2. OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Ajustar modelos matemáticos para a obtenção das estimativas do volume e da biomassa aérea; e avaliar a qualidade da madeira de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) proveniente de plantios em diferentes idades.

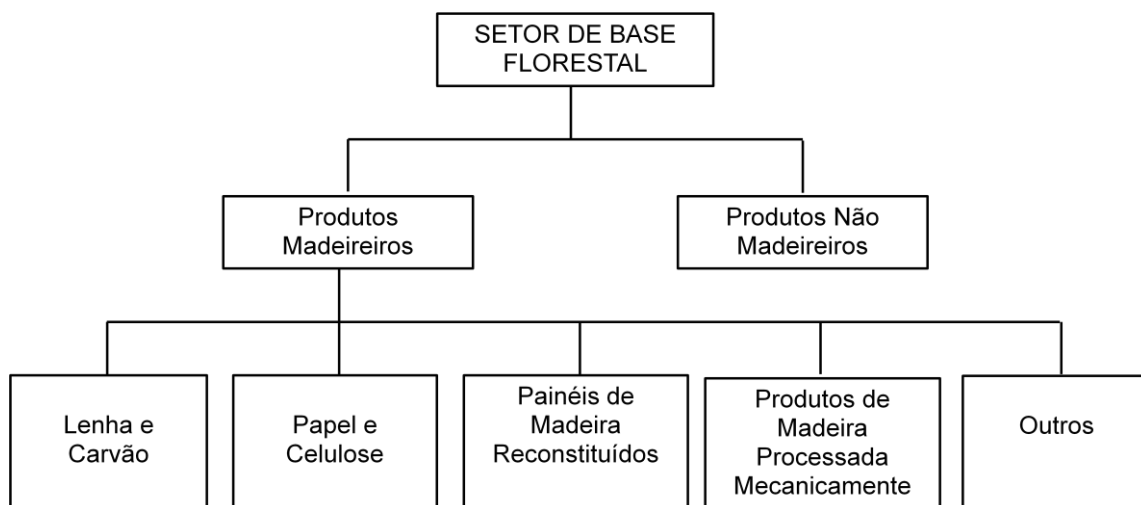
### **Objetivos Específicos**

- Testar a eficiência de 10 modelos para estimativa do volume comercial com casca;
- Testar a eficiência de 9 modelos para estimar a biomassa seca aérea;
- Selecionar os melhores modelos ajustados e estimar o volume e a biomassa aérea dos plantios;
- Comparar as propriedades físicas e mecânicas da madeira nas idades 17 e 24 anos;

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A cadeia produtiva com base no setor florestal constitui uma atividade econômica complexa e diversificada de produtos, com aplicações energéticas e industriais (Figura 1). No mundo inteiro, o setor florestal tem importância como fornecedor de energia ou matéria-prima para a indústria da construção civil e de transformação (BUAINAIN e BATALHA, 2007).

No que diz respeito aos fatores socioeconômicos, o setor desempenha uma participação significativa no País, contribuindo com o produto interno bruto (PIB), geração de empregos, arrecadamento de impostos entre outros. Os empregos formais registrados em 2011/2012 foram aproximadamente 673.000, com uma receita de até US\$9 bilhões em exportações principalmente para países como Estados Unidos, China e Holanda. (VALVERDE et al., 2003; SFB, 2013).



**Figura 1.** Setor de Base Florestal

**Fonte:** Adaptado de ABIMCI, 2009.

Nos últimos 20 anos o comércio internacional de produtos florestais incluindo papel e celulose, produtos de madeira maciça e produtos secundários aumentaram de US\$ 60 bilhões para US\$ 257 bilhões, com um crescimento médio anual de 6,6% e destaque para o comércio de painéis de madeira e produtos secundários (FAO, 2007).

A indústria de madeira serrada brasileira é a que mais se destaca entre os produtores de derivados sólidos de madeira, juntamente com a indústria de painéis à base de madeira. Na Amazônia, a indústria madeireira gerou aproximadamente 204 mil empregos em 2009, sendo os estados do Pará, Mato Grosso, e Rondônia os maiores produtores de madeira em tora, respondendo por 91% do total produzido (ABIMCI, 2009; PEREIRA et al., 2010).

No mesmo ano, 14 milhões de metros cúbicos de toras foram extraídos, resultando uma produção de 5,8 milhões de metros cúbicos de madeira processada (serrada, laminados, compensados e produtos beneficiados). A maioria (72%) dessa produção processada foi de madeira serrada; 15% para a madeira beneficiada na forma de portas, janelas, pisos, forros entre outros, e apenas 13% foram para a fabricação de painéis laminados e compensados (PEREIRA et al., 2010).

**Tabela 1.** Produção de madeira em tora e receita bruta da indústria madeireira na Amazônia Legal em 2009.

Estado <sup>1</sup>	Nº de polos madeireiros	Nº de indústrias <sup>2</sup>	Consumo anual de toras (milhares m <sup>3</sup> )	Receita bruta (US\$ milhões) <sup>3</sup>
Acre	1	24	422	91,4
Amapá	1	48	94	16,1
Amazonas	3	59	367	57,9
Maranhão	1	54	254	29,7
Mato Grosso	20	592	4.004	803,2
Pará	30	1.067	6.599	1094,2
Rondônia	14	346	2.220	358,6
Roraima	1	37	188	31,5
Amazônia Legal	71	2.227	14.148	2.482,6

<sup>1</sup>Não inclui o Tocantins, pois o Estado não possuía polos madeireiros em 2009; <sup>2</sup> Incluindo as micro serrarias; <sup>3</sup>Câmbio médio de 2009: US\$ 1,00/R\$ 1,99

**Fonte:** Adaptado de PEREIRA et al., 2010

No entanto, os problemas ambientais decorrentes da exploração predatória da floresta amazônica colocam em risco esse tipo de atividade, sendo as empresas que trabalham de acordo com os padrões legais prejudicadas pelas atividades ilegais e a derrubada da floresta para outros fins (BUAINAIN e BATALHA, 2007).

Embora substancial em volume, a produção proveniente de florestas nativas enfrenta em sua maioria, desafios relacionados à sustentabilidade, legalidade, tecnologia aplicada ao processamento da madeira, mão de obra, entre outros. Neste sentido, esforços estão sendo realizados no sentido de implantar florestas para suprir as necessidades de consumo e abastecimento das indústrias florestais devido à redução da oferta de madeira de folhosas, principalmente para as regiões sul e sudeste do Brasil (MACHADO et al., 2002).

Almeida et al. (2013) confirmam o exposto quando refere-se à espécies amazônicas, afirmando que a madeira serrada proveniente de florestas plantadas é um material potencial para diversos setores da economia.

Assim, a perspectiva de economias verdes torna-se cada vez mais uma necessidade para a garantia do bem natural não só para as gerações futuras, como para uma melhor qualidade de vida das gerações presentes, a fim de desenvolver e empregar metodologias sustentáveis, que valorizem o uso do solo, a floresta e a biodiversidade.

### 3.1. FLORESTAS PLANTADAS

Várias crises simultâneas se desdobraram na última década: em relação ao clima, biodiversidade, combustíveis, aos alimentos, água e, mais recentemente, no sistema financeiro global. A maioria das estratégias de crescimento e desenvolvimento econômico incentivou um rápido acúmulo de capital físico, financeiro e humano, porém, à custa de uma redução excessiva e degradação das reservas de recursos naturais (UNEP, 2011).

A incorreta gestão das áreas de floresta e dos recursos florestais ao longo dos séculos levou a uma situação de rápido recuo. As pressões para o desflorestamento surgem de uma combinação de fatores enraizados em causas de natureza econômica o que incluem: novas terras para fins agrícolas e pecuários, corte das florestas para extração de madeira e outros produtos, aumento da pressão populacional humana, aumento da procura de madeira para combustível e incêndios florestais (FAO, 2009).

Mesmo diminuindo em muitos países, o desmatamento continua a um ritmo alarmante em outros. Globalmente cerca de 13 milhões de hectares de florestas foram convertidos para outros usos ou perdidos através de causas naturais a cada

ano na última década (FAO, 2010).

Os impactos do desmatamento incluem a perda de oportunidades para o uso sustentável da floresta, redução da produção de mercadorias tradicionais tanto por manejo florestal para madeira como por extração de produtos não madeireiros, além de sacrificar a oportunidade de capturar o valor dos serviços ambientais da floresta (FEARNSIDE, 2006).

Com o declínio das florestas tropicais, o esperado é que no futuro grande parte do suprimento de madeira virá de plantações. Com esta tendência mantida, o potencial de produção sustentável pode chegar até 2020 a 1,8 bilhões de metros cúbicos por ano, com mais de 80% desse potencial localizado nos trópicos e demais países do hemisfério sul (FAO, 2007).

Estudos do SFB (2014) confirmam o exposto, ao afirmar que a produção de madeira em tora registra aumentos desde 2009, alavancados pela produção das florestas plantadas, ao passo que a produção da floresta natural apresenta incrementos menos significativos nos últimos três anos.

O mito predominante de que há uma incompatibilidade entre sustentabilidade ambiental e o progresso econômico, já é discutido como inverdade, pois muitos setores verdes oferecem oportunidades significativas de investimento, crescimento e trabalho em diversos setores importantes, inclusive a silvicultura (UNEP, 2011).

No Brasil, a cobertura florestal do território brasileiro está associada à excelentes condições edafoclimáticas (solo e clima) para a silvicultura, conferindo ao País grandes vantagens comparativas para a atividade florestal. Esses fatores, aliados ao desenvolvimento tecnológico no plantio de florestas, transformam as vantagens naturais em competitividade real (JUVENAL e MATTOS, 2002).

Outro fator relevante é a estrutura de exploração em florestas plantadas, que permite uma racionalização de custos e uma integração logística altamente vantajosa, pois as florestas dispostas em um raio de distância próximo às fábricas evitam a manutenção de estoques e o corte antecipado, bem como têm custos de transporte reduzidos (SFB, 2013).

Os benefícios relacionados ao plantio de florestas são vários e diferenciados, e podem ser refletidos na produtividade e na qualidade dos produtos, além dos serviços ambientais prestados como: o fortalecimento da biodiversidade, recuperação de áreas degradadas, manutenção da fertilidade do solo, proteção dos recursos hídricos e a mitigação do efeito estufa (LIMA, 2012).



### 3.2. VOLUMETRIA

O volume constitui uma das informações de maior importância para o conhecimento do potencial disponível em um povoamento florestal, visto que o volume individual fornece subsídios para a avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo das florestas (THOMAS et al., 2006).

De acordo com Loetsch e Haller (1973), as três maneiras mais comuns para a determinação de volumes individuais são através das fórmulas de Huber, Smalian e Newton; sendo descrito por:

Equação de Huber:

$$V = g_m \cdot h$$

Equação de Smalian:

$$V = \frac{g_i + g_s}{2} \cdot h$$

Equação de Newton:

$$V = \frac{(g_i + 4 \cdot g_m + g_s)}{2} \cdot h$$

Em que:

$V$  = volume da tora (m<sup>3</sup>);

$g_m$  = área transversal na metade da tora (m<sup>2</sup>);

$g_i$  e  $g_s$  = área transversal nos extremos inferior e superior da tora (m<sup>2</sup>);

$h$  = comprimento da tora (m);

No entanto, não é necessário determinar o volume de madeira de todas as árvores de um povoamento, por menor que ele seja. Geralmente faz-se esse tipo de medição em uma amostra da população para a avaliação do conteúdo lenhoso dos povoamentos florestais (CAMPOS, 2014).

Uma ferramenta amplamente utilizada nas estimativas e prognoses da produção madeireira é o emprego de equações volumétricas cujos parâmetros são determinados por meio da técnica de regressão, constituindo um procedimento eficiente para a quantificação da produção em volume de um povoamento florestal (SANTANA e ENCINAS, 2004).

As equações volumétricas são modelos matemáticos que tratam de explicar o comportamento da variável dependente, volume, com outros parâmetros, DAP e altura, que distribuídos nos eixos cartesianos dão a tendência da curva e que pode ser linear, polinomial ou exponencial (GIRARD, 2005).

A partir da matriz de dados da amostra cubada, testam-se os modelos matemáticos, ajustando-os por regressão e selecionando as equações mais apropriadas com base em estatísticas geradas que comparam, em geral, valores estimados com os valores observados da amostra (RAMOS, 2012).

Muitas equações matemáticas foram desenvolvidas para estimar o volume de povoamentos florestais, e apesar da eficiência de alguns modelos, estes nem sempre se ajustam a todas as espécies e condições, sendo recomendável testá-los e, por meio de estatísticas adequadas, para identificar o melhor modelo para cada caso (THOMAS et al., 2006).

### 3.3. BIOMASSA

Até pouco tempo as indústrias florestais usavam como medida de crescimento e produção das florestas somente o volume de madeira por unidade de área. Embora seja o mais usual para representar a produção, pode não ser o mais adequado, dependendo do uso final que se queira dar à madeira, especialmente no caso da produção de carvão, em que o uso do peso de matéria seca é o mais indicado (GIRARD, 2005).

Segundo Higuchi et al. (1998) as estimativas de biomassa florestal são informações imprescindíveis nas questões ligadas dentre outras, às áreas de manejo florestal e de clima. No primeiro caso, a biomassa está relacionada com os

estoques de macro e micronutrientes da vegetação, que são obtidos pelo produto da massa pelas concentrações de cada mineral. No caso do clima, a biomassa é usada para estimar estoques de carbono que, por sua vez são utilizados para estimar a quantidade de CO<sup>2</sup> que é liberada na atmosfera durante o processo de queimadas.

O uso de práticas de manejo florestal e agroflorestal e, de práticas conservacionistas do preparo do solo, pode potencialmente mitigar e reduzir as emissões de carbono, ou seja, sequestrando-o, capturando-o e mantendo-o o maior tempo possível na biomassa, no solo e nos oceanos (DIXON, 1995).

A capacidade de absorção e fixação de carbono pelas árvores é função da espécie, da taxa de crescimento, da longevidade, do sítio, do clima, do período de rotação, entre outros. Em geral, fixam mais carbono as florestas secundárias e as plantações jovens. As florestas primárias e as plantações maduras atingem um estágio de equilíbrio quanto a absorção de carbono, já que liberam a mesma quantidade mediante a decomposição da madeira morta e das árvores em senescência (AREVALO et al., 2002).

O acúmulo de biomassa é diferente em cada local de mensuração, ocasionando uma variação devido à diversos fatores ambientais e por fatores inerentes à própria planta. A acumulação de biomassa também é influenciada por fatores que afetam a fotossíntese e a respiração, sendo os principais: luz, temperatura, concentração de CO<sup>2</sup> do ar, umidade e fertilidade do solo, fungicidas, inseticidas e doenças, além de fatores internos, que incluem: idade das folhas, a sua estrutura, disposição e o comportamento dos estômatos, o teor de clorofila e a acumulação de hidratos de carbono (KRAMER e KOZLOWSKI, 1979; citado por CALDEIRA et al., 2001).

A biomassa pode ser determinada diretamente no campo, por meio da determinação do peso da biomassa úmida de cada componente, e pela amostragem representativa de frações destes componentes, para estimar o teor de umidade e o peso da biomassa seca total. Indiretamente a biomassa seca pode ser obtida pelo ajuste de equações de regressão, em que o peso da biomassa de cada componente arbóreo é estimada em função de variáveis dendrométricas de fácil obtenção, como diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total (LIMA, 2011).

Para Sanquetta (2002), o ajuste de equações, deve-se ter sempre o cuidado de avaliar com objetividade as melhores equações, por meio das estatísticas indicadoras de qualidade de ajuste. Higuchi e Carvalho Júnior (1994) sugerem que o

ideal é ter um modelo matemático para cada tipo florestal e para cada sítio, sendo que para o caso de estudos de mudanças climáticas a prioridade deve ser dada às áreas mais sujeitas às intervenções.

### 3.4. QUALIDADE DA MADEIRA

A madeira é um material biológico bastante heterogêneo, ou, seja, possui uma diversidade de componentes que formam os tecidos e que desempenham funções particulares, constituindo indivíduos complexos e com propriedades e características próprias (BRAZ, 2015).

Segundo Teixeira et al. (2011), as propriedades da madeira variam em função de cada espécie e entre árvores de mesma espécie, afetadas principalmente por fatores genéticos e ambientais, além de variações influenciadas pelo sistema de manejo adotado.

A qualidade dessa matéria prima pode ser entendida como um conjunto de características inerentes como, atributos físicos, mecânicos, químicos e anatômicos, os quais indicam sua adequação para determinado uso ou conjunto de usos e sua capacidade de preencher requisitos necessários para a fabricação de um produto. (MORA et al., 1983; GONÇALEZ et al., 2006).

Considerando sua variabilidade natural, para que seja possível comparar madeiras e proceder a uma caracterização segura, todos os ensaios referentes às propriedades da madeira devem obedecer a critérios determinados por metodologias normatizadas (RAMOS, 2009).

#### 3.4.1. Propriedades físicas

##### a) *Umidade*

O teor de umidade, ou simplesmente umidade da madeira é a relação entre a massa de água contida na matéria lenhosa e sua massa, sendo seu valor expresso em porcentagem (DONATO, 2013).

Além de ser diferente entre as espécies, o teor de umidade varia significativamente dentro de uma mesma árvore. Este fato pode ser comprovado durante a secagem, onde para uma mesma tora de madeira, são verificadas

velocidades diferentes na secagem das diversas posições, evidenciando a existência de gradientes de umidades (REZENDE et al., 1995).

A variação no teor de umidade afeta a geometria das peças em serviço, em virtude da retração e do intumescimento, o que compromete características como retratibilidade, densidade, propriedades mecânicas, elásticas, elétricas e térmicas, sendo sensível principalmente à alterações na umidade relativa do ar e temperatura (SILVA e OLIVEIRA, 2003; MARTINS, 2010; GALVÃO, 1975).

#### *b) Densidade*

A densidade é um importante fator na determinação das propriedades físicas e mecânicas caracterizando as diferenças entre as espécies de madeiras, as árvores de uma dada espécie e as regiões de uma mesma árvore. Normalmente os autores preferem relatá-la em termos de densidade básica, ou seja, a relação entre o seu peso seco em estufa a 105°C e o respectivo volume em estado de completa saturação de água (FOELKEL et al., 1971; HIGA et al., 1973).

Segundo Lima et al. (2000) a densidade aumenta rapidamente durante o período juvenil, cresce lentamente numa fase intermediária da idade, até se tornar mais ou menos constante na fase da maturidade da árvore.

Madeiras mais homogênea, no que diz respeito à sua densidade no interior do tronco, podem se comportarem melhor nas operações de processamento e refletir maior uniformidade nas demais características tecnológicas. Quanto maior a densidade da madeira, maiores serão suas propriedades mecânicas (OLIVEIRA et al., 2005; SHIMOYAMA, 1990).

#### *c) Estabilidade dimensional*

A estabilidade dimensional faz referência à movimentação da madeira (inchamento ou encolhimento) pelo ganho ou perda de água abaixo do ponto de saturação das fibras. As dimensões da madeira podem se alterar substancialmente com a variação da umidade no intervalo de 0% até o ponto de saturação das fibras. Neste intervalo conhecido como intervalo higroscópico, ao aumentar o teor de umidade, as dimensões da madeira aumentam (inchamento) e ao diminuir o teor de umidade, as dimensões diminuem (retração) (SCANAVACA JR

e GARCIA, 2004; LOGSDON, 1998).

A magnitude das variações dimensionais depende de inúmeros fatores além do teor de umidade, como a direção estrutural (radial, tangencial ou longitudinal), a posição dentro da árvore, a temperatura, o grau de estresse de secagem causada pelo gradiente de umidade, a densidade da madeira, entre outros (OLIVEIRA e SILVA, 2003).

Um parâmetro importante a ser abordado é o Índice de Retração Anisotrópica (IRA), razão entre as retrações tangencial (RT) e radial (RR). De uma maneira geral, quanto mais baixa esta razão, isto é, quanto mais próxima de um, melhor é a espécie para marcenaria (SCANAVACA JR E GARCIA, 2004).

### **3.4.2. Propriedades mecânicas**

As propriedades mecânicas definem o comportamento da madeira quando submetida a esforços de natureza mecânica, permitindo compará-la com outras madeiras de propriedades conhecidas e por analogia indicar suas possíveis utilizações (STANGERLIN et al., 2008).

A aplicação de forças externas nos materiais cria tensões internas que levam à deformação do corpo de prova, alterando as suas dimensões. Assim a resistência da madeira é determinada pela tensão máxima até a ruptura aplicada em corpos de prova isentos de defeitos (RAMOS, 2009).

Assim como a densidade, umidade e demais características da madeira, a idade também pode proporcionar alterações nas propriedades mecânicas. Pearson e Gilmore (1980) citados por Gonçalves et al. (2009), estudando diferentes taxas de crescimento em *Pinus taeda* com idades de 15, 25 e 41 anos em sistemas silviculturais diferenciados, afirmam que em árvores mais jovens as propriedades mecânicas são geralmente menores.

Desta forma é fundamental conhecer a resistência da madeira para uma utilização correta dos produtos de acordo com a finalidade proposta. Segundo a ABNT - NBR 7190/1997, as propriedades mecânicas avaliadas em projetos de estruturas de madeira são:

- ✓ Compressão paralela e perpendicular às fibras;
- ✓ Tração paralela e perpendicular às fibras;

- ✓ Cisalhamento;
- ✓ Fendilhamento;
- ✓ Flexão;
- ✓ Dureza;
- ✓ Embutimento;

No entanto, para realização deste trabalho foram avaliadas apenas as propriedades: compressão paralela às fibras, flexão estática e dureza Janka.

#### *a) Compressão Paralela às fibras*

Esta propriedade pode ser determinada em pequenas amostras de madeira livres de defeitos e com dimensões pré-definidas em norma, a partir da aplicação de uma carga no sentido perpendicular ou paralelo às fibras, para a obtenção do valor da resistência ao esforço de compressão e o seu respectivo módulo elasticidade (KLOCK, 2000; SERVOLO FILHO, 2013).

A resistência à compressão paralela é cerca de quinze vezes superior à resistência à compressão perpendicular, apresentando ainda boa correlação com quase todas as demais propriedades mecânicas, sendo o parâmetro balizador na classificação estrutural da madeira (KLOCK, 2000; SERVOLO FILHO, 2013).

A utilização das classes de resistência permite orientar a escolha do material para uso estrutural, podendo as madeiras disponíveis em cada região ser utilizadas desde que os valores das propriedades mecânicas se enquadrem na classe definida no projeto (SALES, 1996).

#### *b) Flexão estática*

Assim como para análise da compressão, neste ensaio é utilizada uma peça de madeira com dimensões pré-definidas, com fibras orientadas paralelamente ao seu comprimento, onde a peça é deformada em forma de arco devido à carga aplicada. Esta deformação provoca o encurtamento das fibras no lado côncavo (compressão) e um alongamento no lado convexo (tração) (ROCHA, et al., 1988).

Com os resultados do ensaio, são calculados a partir do gráfico tensão/deformação os módulos elasticidade (MOE) e ruptura (MOR). Estes módulos

são parâmetros normalmente avaliados nos testes de flexão estática, sendo o MOE de maior importância na caracterização tecnológica da madeira. Quanto maior o MOE, maior será a resistência da madeira e menor será sua deformidade. (SCANAVACA JR e GARCIA, 2004).

### c) *Dureza*

A dureza de um material caracteriza a sua susceptibilidade à penetração de um corpo sólido à sua massa. Esta propriedade está ainda relacionada com a resistência do material à abrasão ou a ser riscado por diversos objetos, assim como com o grau de dificuldade em trabalhar a madeira com ferramentas de corte (MARTINS, 2010).

A dureza superficial é especialmente importante nas aplicações da madeira destinadas à indústria moveleira e nas utilizações deste material em pisos. Esta propriedade da madeira pode ser determinada pelo método de ensaio destrutivo proposto por Janka (HANSSON e ANTTI, 2006 citado por SORIANO et al., 2011).

De acordo com a Norma ASTM D 143-94 (2000), o ensaio consiste em medir o esforço necessário para introduzir no topo e nas faces laterais (tangencial e radial) de uma peça de madeira, uma semiesfera metálica com 1,13 cm de diâmetro, até uma profundidade igual ao seu raio.

## 3.5. CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE

O jatobá (*Hymenaea courbaril* L) pertence à família Fabaceae e subfamília Caesalpinoideae. É uma espécie arbórea tropical, encontrada na maioria dos estados brasileiros, ocorrendo em áreas antrópicas, Caatinga, Cerrado, Floresta de Terra firme e Floresta Ombrófila. É uma espécie secundária tardia ou clímax exigente em luz (LORENZI, 2002; SHANLEY e MEDINA, 2005; OLIVEIRA et al., 2011).

Uma das peculiaridades da espécie é a baixa exigência nutricional e hídrica requeridas em ambientes naturais, sendo presente em terrenos que apresentam solos distróficos e bem drenados. É extremamente útil nos plantios de áreas degradadas destinadas à recomposição da vegetação arbórea (LEE e



LANGENHEIM, 1974; LORENZI, 2002).

Os frutos são comestíveis, muito apreciados pelo homem e pela fauna e as folhas e sementes podem ser utilizadas na indústria farmacêutica e cosmética; a resina rica em terpeno, também possui valor comercial para fabricação de vernizes (FARIAS et al., 2006; ZUBA JR et al., 2010; CARPANEZZI e MARQUES, 1981).

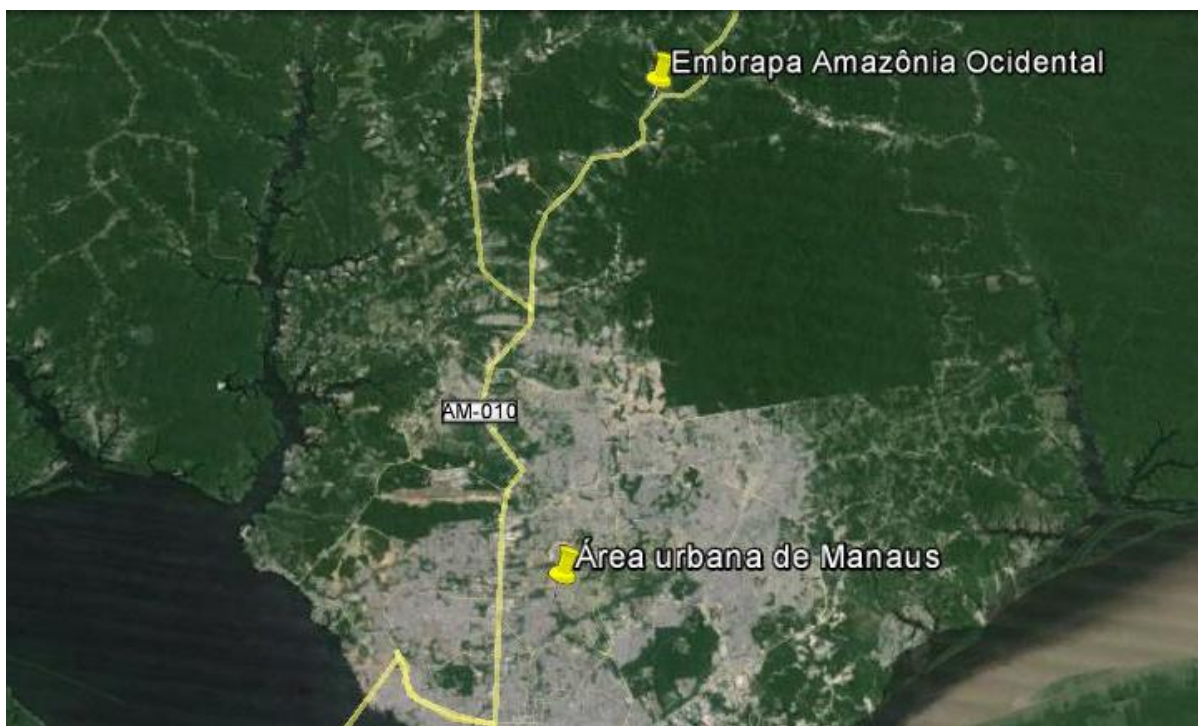
A casca externa geralmente de cor bege a cinza ou as vezes marrom-clara, apresenta estrias finas e superficiais além de lenticelas salientes ao longo do tronco. Na medicina popular é usada em algumas regiões para fazer chá contra gripe, bronquite, cistite, diarreia, verme, cólicas, infecções, para ajudar na digestão entre outras (COSTA, et al. 2011; SHANLEY e MEDINA, 2005).

A madeira do jatobá é conhecida e possui grande importância econômica, estando entre as mais intensamente exploradas. Possui cheiro imperceptível, com superfície pouco lustrosa e ligeiramente áspera. A densidade é variada, podendo chegar até 1,24 g/cm<sup>3</sup>, com resistência média a alta ao ataque de organismos xilófagos. É utilizada na construção civil, em acabamentos internos como vigas, caibros e ripas, batentes de portas, tacos para assoalhos; bem como artigos de esportes e cabos de ferramentas, além de implementos agrícolas (CARPANEZZI E MARQUES, 1981; LACERDA et al., 2008; ELEOTÉRIO e SILVA, 2012; CIFLORESTAS, 2011; BENTES-GAMA et al. 2008).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA COLHEITA**

A madeira foi retirada dos plantios do Campo Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, localizada no município de Manaus, Amazonas, no km 29 da rodovia AM 010, entre as coordenadas 2°53'30" de latitude Sul e 59°59'45" de longitude Oeste para o plantio mais antigo (SOUZA et al., 2008) e 2°54'04" de latitude Sul e 59°58'41" de longitude Oeste para o plantio mais novo (ROSSI et al., 2003).



**Figura 2.** Localização da Embrapa Amazônia Ocidental

**Fonte:** Google Earth

Os plantios foram estabelecidos nos anos de 1992 e 1999, para o estudo do desempenho de espécies florestais amazônicas, com espaçamentos 3,0 X 3,0 e 3,0 x 4,0 respectivamente.

Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático é o Ami, definido por uma estação menos chuvosa, porém com total pluviométrico anual elevado. A precipitação média é de 2.551 mm por ano e a temperatura média anual é de 25,9°C (SOUZA et al., 2008).

O relevo da região varia de plano a suave ondulado; e o solo é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico, com textura muito argilosa, baixo conteúdo de matéria orgânica e de nutrientes, apresentando as seguintes características químicas: pH em torno de 4,5; N = 0,17%, P = 1 e K = 20 ppm, Ca = 0,26, Mg = 0,11 e Al = 1,7meq/100g (AZEVEDO et al., 1999).

## 4.2. VOLUMETRIA

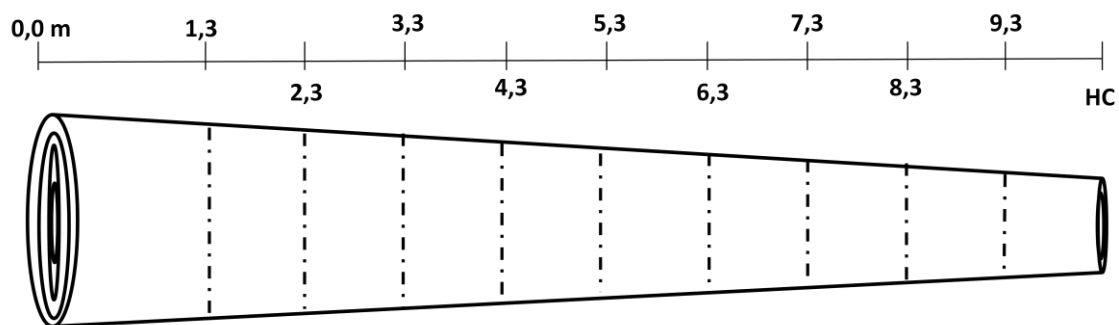
Inicialmente à cubagem, foi realizado inventário 100% a partir da mensuração do DAP (diâmetro à altura do peito) a 1,30 metros do solo e mensuração do comprimento do fuste na altura comercial e total.



**Figura 3.** Mensuração do diâmetro à altura do peito e altura comercial das árvores

### 4.2.1. Amostragem e cubagem

Após o inventário foram selecionados 12 árvores do plantio com 24 anos e 10 árvores do plantio de 17 anos, para os procedimentos de abate e cubagem rigorosa, aplicando-se o método de *Smalian* em 0,0 m, 1,30 m, e depois em intervalos regulares de 1,0 m até a altura comercial (Figura 4).



**Legenda:**

HC: Altura comercial

**Figura 4.** Esquema da cubagem utilizado no estudo

#### 4.2.2. Determinação do volume comercial

Para obtenção do volume comercial com casca de cada árvore, foi aplicada a fórmula abaixo:

$$V = \frac{(g_i + g_s)}{2} \cdot l$$

Em que:

$V$  = volume da seção (m<sup>3</sup>);

$g_i$  = área transversal na base da seção (m<sup>2</sup>);

$g_s$  = área transversal no topo da seção (m<sup>2</sup>);

$l$  = comprimento da seção (m);

Onde a área transversal " $g$ " de cada seção foi calculada por:

$$g = \frac{(\pi \cdot d^2)}{40.000}$$

Em que:

$g$  = área transversal ( $m^2$ );

$d$  = diâmetro da seção (cm);

O método de *Smalian* foi aplicado sucessivamente, sendo o volume da última seção (cone) calculado por:

$$Vp = \frac{gn \cdot lp}{3}$$

Em que:

$Vp$  = volume da ponta ( $m^3$ );

$gn$  = área transversal da base da ponta ( $m^2$ );

$lp$  = comprimento da ponta (m);

Para a obtenção do volume do toco foi utilizada a fórmula:

$$Vt = g_0 \cdot l_0$$

Em que:

$g_0$  = área seccional da base ( $m^2$ );

$l_0$  = altura da base (m);

Por fim, o volume comercial com casca foi obtido pelo somatório do volume das seções do fuste, da ponta e do toco, como demonstrado abaixo:

$$V_{cc} = V_{seções} + Vp + Vt$$



Em que:

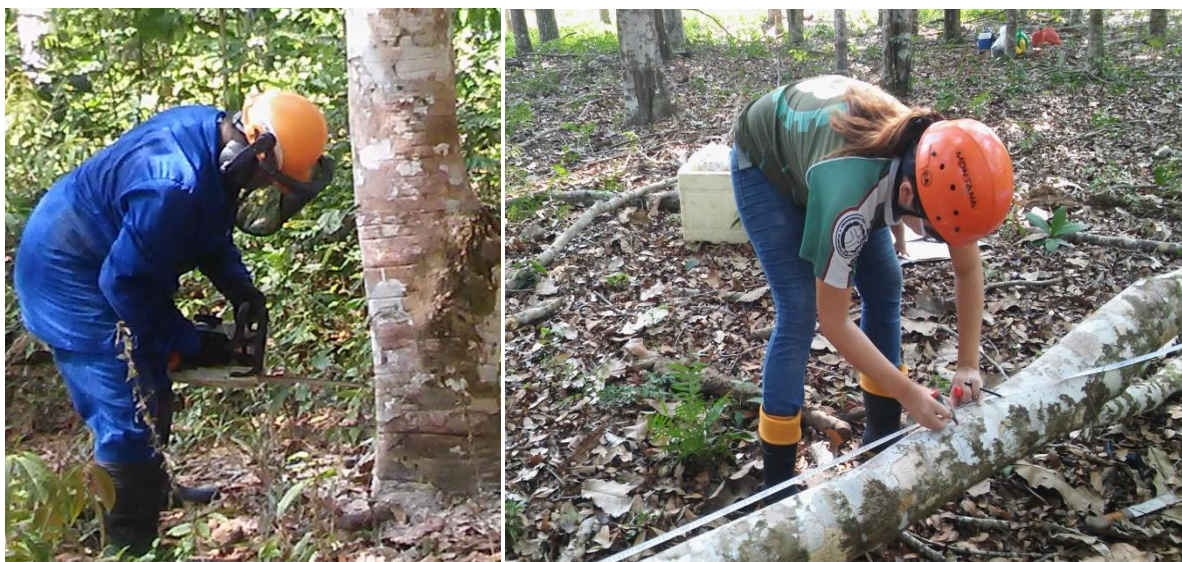
$V_{cc}$  = volume comercial com casca ( $m^3$ );

$V_{seções}$  = volume das seções do fuste ( $m^3$ );

$V_p$  = volume da ponta ( $m^3$ );

$V_t$  = volume do toco ( $m^3$ );

Com o resultado do volume, foi possível calcular o fator de forma para cada plantio. O cálculo é realizado pela razão entre o volume comercial real com casca e o volume do cilindro (produto da área transversal pela altura comercial).



**Figura 5.** Corte e cubagem das árvores

#### **4.2.3. Análise estatística**

##### *a) Reamostragem e Normalidade dos dados*

A reamostragem foi utilizada a fim de verificar se os resultados encontrados (para  $n=22$ ) atendem a um maior número de árvores. Para isso foi aplicada a técnica *Bootstrap* com uma iteração para  $n=10000$ .

A ideia do método é a obtenção de amostras *bootstrap*, que são retiradas da amostra original com reposição. Dessa forma, todo resultado *bootstrap* irá depender diretamente da amostra original observada, isto é, os resultados *bootstrap* são considerados robustos para a amostra original (LAVORANTI, 2003).

Para a verificação da normalidade dos dados, aplicado o teste de *Shapiro Wilk* ( $p < 0,05$ ). De acordo com Lopes et al. (2013), este teste fornece o parâmetro valor de prova (*valor-p*, *p-value* ou *significância*), que pode ser interpretado como a medida do grau de concordância entre os dados e a hipótese nula ( $H_0$ ), sendo  $H_0$  correspondente à distribuição Normal. Quanto menor for o valor-p, menor é a consistência entre os dados e a hipótese nula.

#### b) Ajuste das equações de volume

Foram testados 10 modelos para a estimativa do volume comercial com casca, sendo estes:

**Quadro 1.** Modelos testados para estimativa do volume comercial com casca

	<b>MODELOS TESTADOS</b>	<b>AUTOR</b>
1	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(d) + \beta_2 \cdot \ln(h) + \varepsilon_i$	Schumacher e Hall
2	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(d) + \varepsilon_i$	Husch
3	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(d \cdot h) + \varepsilon_i$	Spurr
4	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(d) + 1/d + \varepsilon_i$	Brenac (modificada – sem o $\beta_2$ )
5	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot d + \varepsilon_i$	Berkhant
6	$V = \beta_1 \cdot d^2 + \varepsilon_i$	Koperzky e Gehrhardt (modificada - sem o $\beta_0$ )
7	$V = \beta_1 \cdot d \cdot h + \varepsilon_i$	(não encontrado na literatura)
8	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot h + \varepsilon_i$	Schumacher e Hall (não logarítma)
9	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot d^2 \cdot h + \varepsilon_i$	Spurr
10	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot d \cdot h + \varepsilon_i$	(não encontrado na literatura)

Em que:

$V$  = volume em ( $m^3$ );

$\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  = coeficientes da equação;

$\ln$  = logaritmo neperiano;

$d$  = diâmetro a 1,3 m de altura (cm);

$h$  = altura comercial (m);

$\varepsilon_i$  = erro aleatório;

*c) Seleção do melhor modelo*

O critério de seleção do melhor modelo para a estimativa volumétrica foi determinado a partir da observação do maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{Aj}$ ), menor erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ), menor deviance ( $D$ ) e melhor distribuição gráfica dos resíduos.

Segundo Thomas et al. (2006), o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) expressa a quantidade da variação total explicada pela regressão, quanto mais próximo de 1 for o valor de  $R^2$ , melhor é o ajuste. Como o coeficiente de determinação cresce à medida que se inclui uma nova variável ao modelo matemático, será utilizado, como critério, o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{Aj}$ ), obtido pela expressão:

$$R^2_{Aj} = R^2 - \left[ \frac{K-1}{N-K} \right] \cdot (1 - R^2)$$

Em que:

$R^2$  = Coeficiente de determinação;

$K$  = número de coeficientes da equação;

$N$  = número de observações.



O Erro Padrão da Estimativa ( $S_{yx}$ ) expressa a dispersão entre os valores observados e os valores estimados pela regressão. Como medida de dispersão, o erro deve ser mínimo, logo na comparação entre equações, a melhor por este critério, será a que apresentar o menor valor de  $S_{yx}$ .

$$S_{yx} = \sqrt{QM_{\text{resíduo}}}$$

Em que:

$S_{yx}$  = Erro padrão de estimativa;

$QM$  = Quadrado médio;

A *deviance* (D) ou desvio residual é outro parâmetro de seleção de modelos, possibilitando a detecção de observações atípicas que influenciam o processo de ajuste, comparando o valor da função de verossimilhança para o modelo proposto ao seu valor no modelo saturado. Quanto melhor for o ajustamento do modelo aos dados, menor será a *deviance* (TADANO et al., 2009; SOUZA, 2006).

Segundo Nelder e Wedderburn (1972), citados por Marciano (2009) a *deviance* pode ser expressa por:

$$D = 2(\hat{l}_n - \hat{l}_p)$$

Em que:

$\hat{l}_n$  = máximos do logaritmo da função de verossimilhança para os modelos saturados;

$\hat{l}_p$  = máximo do logaritmo da função de verossimilhança para o modelo sob pesquisa;

Segundo Machado et al. (2002), mesmo sendo os estimadores de ajuste bons indicadores para a escolha do melhor modelo, considera-se indispensável para a escolha a análise gráfica de resíduos, pois esta permite detectar se há ou não tendenciosidade na estimativa da variável dependente ao longo da linha de regressão, se os resíduos são independentes ou se há homogeneidade na variância.

Como a avaliação gráfica é subjetiva, esta foi utilizada em conjunto com as estatísticas citadas anteriormente.

### 4.3. BIOMASSA

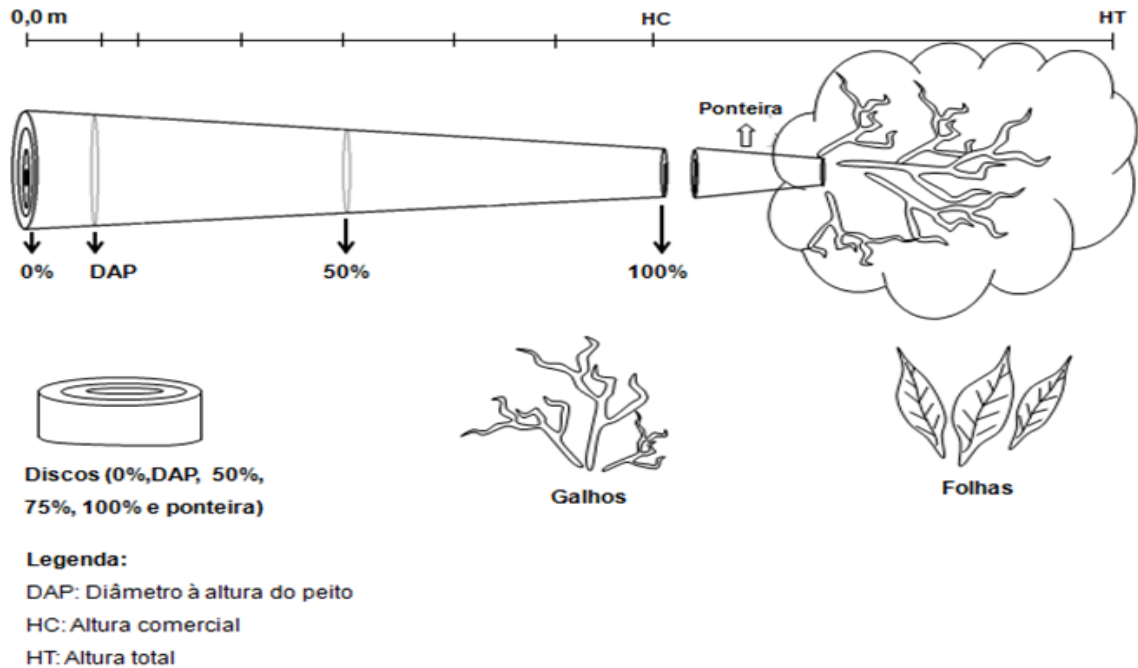
#### 4.3.1. Amostragem e determinação da massa verde

Para a determinação da biomassa acima do solo e para os procedimentos de ajuste das equações, foram utilizadas 10 árvores de cada plantio, totalizando 20 indivíduos. A biomassa aérea foi quantificada pelo método destrutivo, compartimentando-se as folhas, galhos e fuste das árvores selecionadas no processo de cubagem para os dois plantios.

Para a obtenção da massa fresca total dos compartimentos, a copa foi desfolhada em cima de uma lona e os galhos e fuste, seccionados em dimensões menores para facilitar a pesagem. As pesagens conduzidas em balança com capacidade máxima de 300 kg.

Após estes procedimentos, foram retiradas amostras das folhas, galhos e também discos nas percentagens 0%, DAP, 50%, 100% e ponteira de cada fuste para a obtenção da massa seca em laboratório.

As amostras foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Estudos e Análises Florestais da Embrapa Amazônia Ocidental para a realização dos ensaios.



**Figura 6.** Esquema de amostragem para análise da biomassa aérea

#### 4.3.2. Determinação da massa seca

Para a determinação da massa seca, as amostras foram colocadas para secar em estufa com temperatura controlada entre 100 - 105°C, por um período mínimo de 72 horas, até atingir massa constante (HIGUCHI et al., 1998). Em seguida, foram pesadas em balança digital com capacidade de 30,0 kg e precisão de 0,01 g.

Com base nos dados de massa fresca e massa seca das amostras de cada compartimento, foi possível calcular a biomassa seca total dos indivíduos a partir da equação:

$$Bs = \frac{Ms}{Mf} \cdot Mf_{total}$$

Em que:

$Bs$  = Biomassa seca (Kg);

$Ms$  = massa seca da amostra (Kg);

$M_f$  = massa fresca da amostra (Kg);

$M_{f_{total}}$  = massa fresca total (Kg);



Figura 7. 1-Pesagem; 2-Amostragem de folhas e galhos; 3-Secagem das amostras em estufa

#### 4.3.3. Análise estatística

##### a) Ajuste das equações de biomassa

Assim como para as análises volumétricas, os modelos para estimar a biomassa aérea foram ajustados por meio do *Software R* 3.2.4, visando obter os coeficientes de regressão, os parâmetros de comparação, e a confecção dos gráficos.

##### b) Seleção do melhor modelo

A seleção do melhor modelo foi baseada nos critérios estatísticos de escolha: coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{Aj}$ ), erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ) e análise gráfica dos resíduos.

Os seguintes modelos foram propostos para a obtenção das estimativas de biomassa acima do solo:

**Quadro 2.** Modelos testados para estimativa de biomassa aérea seca

MODELOS TESTADOS		AUTOR
1	$\ln(M_S) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(d) + \beta_2 \cdot \ln(h) + \varepsilon_i$	Schumacher e Hall
2	$\ln(M_S) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(d) + \varepsilon_i$	Husch
3	$\ln(M_S) = \beta_1 \cdot \ln(d) + \varepsilon_i$	Husch (modificada – sem o $\beta_0$ )
4	$M_S = \beta_0 + \beta_1 \cdot d^2 + \varepsilon_i$	Kopezky-Gehrhardt
5	$M_S = \beta_0 + \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot h + \varepsilon_i$	Schumacher e Hall (não logarítma)
6	$M_S = \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot d^2 \cdot h + \varepsilon_i$	Higuchi e Carvalho (1994) (modificada – sem o $\beta_0$ )
7	$M_S = \beta_1 \cdot d + \varepsilon_i$	(não encontrado na literatura)
8	$M_S = \beta_1 \cdot d \cdot h + \varepsilon_i$	(não encontrado na literatura)
9	$M_S = \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot d \cdot h + \varepsilon_i$	(não encontrado na literatura)

Em que:

$M_S$  = massa seca (kg);

$\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  = coeficientes da equação;

$\ln$  = logaritmo neperiano;

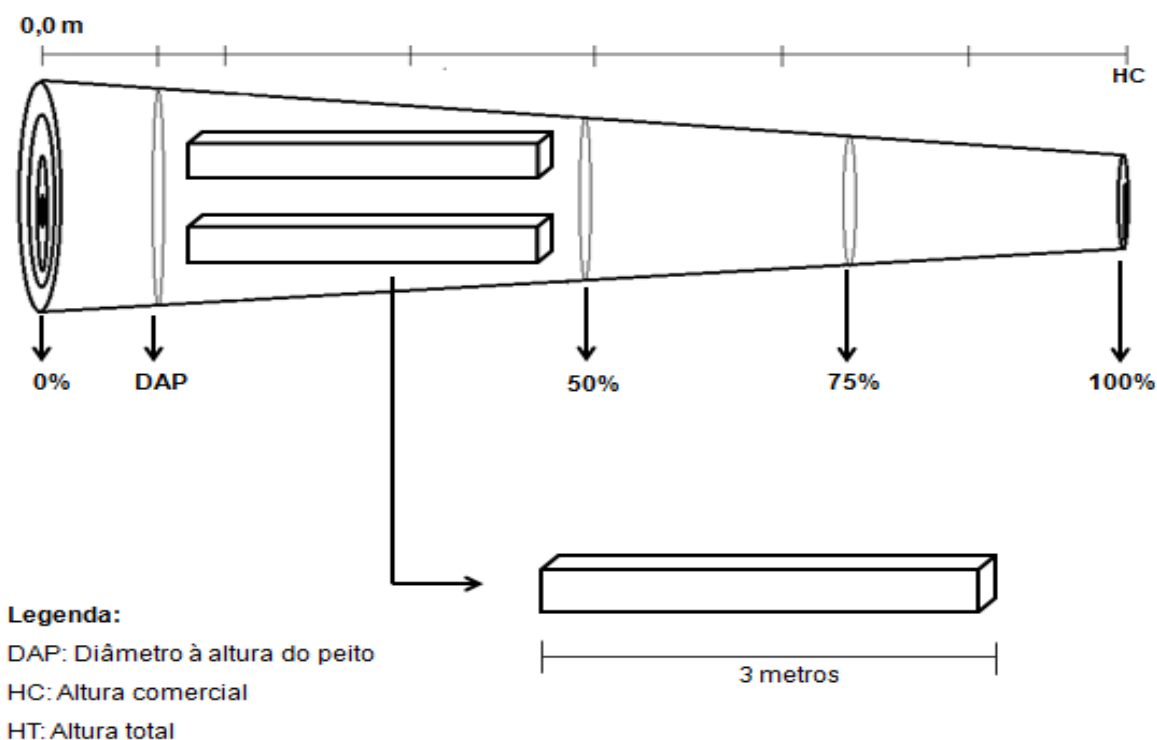
$d$  = diâmetro a 1,3 m de altura (cm);

$h$  = altura total (m);

$\varepsilon_i$  = erro aleatório;

#### 4.4. QUALIDADE DA MADEIRA

Para avaliar a qualidade da madeira foram utilizadas 5 árvores do plantio com 24 anos e 5 árvores do plantio com 17 anos. Para a amostragem, foram retiradas pranchas com 3 metros de comprimento entre os intervalos DAP e 50% do fuste em relação à altura comercial (Figura 8).



**Figura 8.** Esquema da retirada das pranchas para confecção dos corpos de prova

A partir das pranchas, foram confeccionados corpos de prova para os ensaios das propriedades físicas e mecânicas da madeira, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT 7190/1997 para os ensaios físicos, e *American Society for Testing and Materials* – ASTM D 143-94 (2000) para os ensaios mecânicos.

Para os ensaios físicos e mecânicos foram utilizados 7 e 12 corpos de prova respectivamente. A amostragem foi realizada compreendendo cerne, alburno e a transição cerne-alburno da prancha, excluindo as costaneiras e medula.

A metodologia adotada é justificada pelo fato de que algumas árvores possuíam apenas um pequeno volume de cerne, ou mesmo a ausência deste, além de que muitas amostras sofreram rachaduras durante a aclimatação, não se obtendo uma quantidade padrão de corpos de prova de cerne (principalmente nas árvores de 17 anos) para a realização das análises.

**Tabela 2.** Propriedades analisadas, norma utilizada e amostragem

<b>Propriedades Físicas</b>	<b>Norma</b>	<b>Nº de corpos de prova</b>
Umidade	ABNT 7190/1997	7
Densidade básica	ABNT 7190/1997	7
Estabilidade dimensional	ABNT 7190/1997	7
<b>Propriedades Mecânicas</b>	<b>Norma</b>	<b>Nº de corpos de prova</b>
Compressão paralela às fibras	ASTM D 143-94 (2000)	12
Flexão estática	ASTM D 143-94 (2000)	12
Dureza Janka	ASTM D 143-94 (2000)	12

As propriedades físicas analisadas foram: Teor de umidade, Densidade básica e Retratibilidade, enquanto as mecânicas: Flexão Estática, Compressão Paralela às Fibras e Dureza. Para a realização dos testes adotou-se controle de temperatura a  $20\pm 3^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa em torno de 65%.

Os ensaios referentes às propriedades físicas foram realizados inicialmente no Laboratório de Física da Madeira da Universidade Federal do Amazonas e finalizaram no Laboratório de Estudos e Análises Florestais da Embrapa Amazônia Ocidental. Para os ensaios das propriedades mecânicas, foi utilizado o Laboratório de Física e Mecânica da Madeira da Universidade Federal de Lavras, por meio de máquina universal de ensaios.



**Figura 9.** 1-Prancha beneficiada; 2-Lote de corpos de prova enviado para UFLA, acondicionamento em sala de climatização

#### 4.4.1. Propriedades físicas

##### a) Umidade

O corpo de prova foi pesado em balança com precisão de 0,01 g para determinação da massa inicial ( $M_i$ ) e secado em estufa com temperatura a  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Durante a secagem a massa do corpo-de-prova foi medida, até ser encontrada massa constante. Após estes procedimentos, a umidade da madeira foi calculada por:

$$U(\%) = \frac{M_i - M_s}{M_s} \cdot 100$$



Em que:

$M_i$  = massa inicial da madeira (g);

$M_s$  = massa da madeira seca (g);

*b) Densidade básica*

A densidade básica foi calculada pela razão entre a massa seca e o volume saturado, como mostra a fórmula abaixo:

$$\rho_{bas} = \frac{M_s}{V_{sat}}$$

Em que:

$M_s$  = massa seca da madeira (g);

$V_{sat}$  = volume da madeira saturada (cm<sup>3</sup>);

A massa seca foi obtida pelos mesmos procedimentos descritos no teste de umidade.

Para a determinação do volume saturado, foram medidos os lados da seção transversal e do comprimento com paquímetro, efetuando-se duas medidas em cada direção, considerando a média dos valores obtidos como as dimensões de cada corpo de prova.

*c) Estabilidade dimensional*

O ensaio foi realizado em quatro fases: (1) secagem prévia (corpos-de-prova serão secados ao ar), (2) encharcamento (corpos-de-prova submersos em água destilada), (3) condicionamento (corpos-de-prova serão secados ao ar) e (4) secagem em estufa.

Com um paquímetro digital foram realizadas 2 medidas para cada sentido (radial, tangencial e longitudinal) de cada corpo de prova, considerando a média

como medida final, para cada fase do ensaio. O término de cada fase foi verificado quando as medidas estabilizaram.

As três primeiras fases foram realizadas em sala de climatização, com temperatura de  $20 \pm 2$  °C e umidade relativa do ar de  $65 \pm 5\%$ . Esse clima padrão condiciona os corpos-de-prova a um teor de umidade próximo de 12% (U), propício ao ensaio de inchamento (FINGER et al., 2003). A última fase foi conduzida em uma estufa de secagem, com temperatura de  $103 \pm 2$  °C.

As deformações específicas de retração  $\varepsilon_r$  e de inchamento  $\varepsilon_i$  são consideradas como índices de estabilidade dimensional e foram determinadas, para cada uma das direções preferenciais, em função das respectivas dimensões da madeira saturada e seca, sendo dadas por:

$$\varepsilon_{r(i)} = \left[ \frac{L_{sat} - L_{seca}}{L_{sat}} \right] .100 \qquad \varepsilon_{i(i)} = \left[ \frac{L_{sat} - L_{seca}}{L_{seca}} \right] .100$$

Em que:

$L_{sat}$  = é a dimensão na direção  $i$  ( $i$  = radial,  $i$  = tangencial ou  $i$  = longitudinal) na condição saturada;

$L_{seca}$  = é a dimensão direção  $i$  ( $i$  = radial,  $i$  = tangencial ou  $i$  = longitudinal) na condição seca;

A variação volumétrica foi determinada em função das dimensões do corpo-de-prova nos estados saturado e seco, sendo dada por:

- Inchamento volumétrico

$$\Delta V_i = \frac{V_{sat} - V_{seco}}{V_{seco}} . 100$$

- Retração volumétrica

$$\Delta V_r = \frac{V_{sat} - V_{seco}}{V_{sat}} \cdot 100$$

Em que:

$V_{sat}$  = produto das dimensões radial, tangencial e longitudinal na condição saturada;

$V_{seco}$  = produto das dimensões radial, tangencial e longitudinal na condição seca;

Com os dados de retração e inchamento foi possível calcular o coeficiente de anisotropia dos plantios, sendo obtido por:

$$A_r = \frac{\varepsilon_{r\ tang}}{\varepsilon_{r\ rad}} \qquad A_i = \frac{\varepsilon_{i\ tang}}{\varepsilon_{i\ rad}}$$

Em que:

$A_r$  = coeficiente de anisotropia dimensional na retração;

$A_i$  = coeficiente de anisotropia dimensional no inchamento;

#### 4.4.2. Propriedades Mecânicas

##### a) Compressão paralela às fibras

A resistência à compressão paralela às fibras é dada pela máxima tensão de compressão que pode atuar em um corpo-de-prova com seção transversal quadrada, sendo dada por:

$$f_{c0} = \frac{f_{c0,max}}{A}$$

Em que:

$f_{c0,max}$  = máxima força de compressão aplicada ao corpo de prova durante o ensaio (N);

$A$  = área inicial da seção transversal comprimida (m<sup>2</sup>);

$f_{c0}$  = resistência à compressão paralela às fibras (MPa);



**Figura 10.** Ensaio de compressão paralela às fibras

A caracterização da rigidez da madeira foi verificada pelo valor médio do módulo de elasticidade determinado na fase de comportamento elástico-linear do diagrama tensão x deformação específica.

#### *b) Flexão Estática*

A resistência da madeira à flexão ( $f_M$ ) é um valor convencional, dado pela máxima tensão que pode atuar em um corpo-de-prova, calculada a partir da hipótese de que a madeira é um material elástico, sendo dado por:

$$f_M = \frac{M_{max}}{W_e}$$

Em que:

$M_{max}$  = máximo momento aplicado ao corpo-de-prova (N/m);

$W_e$  = módulo de resistência elástico da seção transversal do corpo-de-prova, dado por  $bh^2/6$ , em  $m^3$  (b e h correspondem, respectivamente, à largura e à altura da seção transversal do corpo-de-prova em metros);



**Figura 11.** Ensaio de flexão estática

A caracterização da rigidez da madeira foi verificada pelo valor médio do módulo de elasticidade determinado a partir do trecho linear do diagrama tensão x deformação como descrito na norma.

### c) Dureza

A dureza da madeira ( $f_H$ ) proposta por Janka é determinada convencionalmente pela tensão que, atuante em uma das faces de um corpo-de-prova, produz a penetração de uma semiesfera de aço com área diametral (ABNT, 1997), dada por:

$$f_H = \frac{F_{max}}{A_{seção\ diametral}}$$

Em que:

$F_{max}$  = máxima força aplicada ao corpo-de-prova necessária à penetração da semiesfera em N;

$A_{seção\ diametral}$  = área da seção diametral da esfera, igual a 1 cm<sup>2</sup>;



Figura 12. Ensaio de dureza Janka

#### 4.4.3. Análise estatística

Os dados foram tabulados na planilha eletrônica *Microsoft Excel* e analisados pelo *Software R* versão 3.2.4.

Para comparar os valores médios das propriedades da madeira, foi utilizada estatística descritiva (médias, máximos, mínimos, variância e desvio padrão), seguido pelo teste  $t$  ( $p < 0,05$ ) a fim de verificar a existência de diferença estatística.

De acordo com Larson e Farber (2010), o teste  $t$  pode ser conduzido para verificar a existência de diferença entre a média da amostra e a média populacional; comparar duas amostras pareadas ou duas amostras independentes. Normalmente

é utilizado em amostras pequenas ( $n < 30$ ) com distribuição normal ou aproximadamente normal.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. VOLUMETRIA

A tabela abaixo apresenta os valores das variáveis mensuradas no inventário 100%, juntamente com o fator de forma médio calculado para 10 e 12 árvores nas idades de 17 e 24 anos respectivamente.

**Tabela 3.** Intervalo de confiança e fator de forma médio para as variáveis dendrométricas dos plantios

<b>Idade (anos)</b>	<b>Dap (cm)</b>	<b>Altura comercial (m)</b>	<b>Altura total (m)</b>	<b>Fator de forma</b>
<b>17</b>	14,66 < 15,98 < 17,29	5,07 < 5,60 < 6,12	10,95 < 11,84 < 12,74	0,72
<b>24</b>	21,59 < 23,59 < 25,11	5,93 < 6,43 < 6,93	16,47 < 18,21 < 19,63	0,68

Comparando os resultados aos valores encontrados por Moura (1994) para a mesma espécie proveniente da Floresta Nacional do Tapajós, é verificado características superiores para o último, sendo o dap igual à 93,08 cm, com maior número de indivíduos encontrados na classe diamétrica “> 100” cm, e altura total média de 28,18 m. Para o fator de forma, o autor cita valor intermediário ao estudo, equivalente à 0,70.

Em plantios de teca no município de Alta Floresta – MG, é verificado maiores resultados para as árvores a partir dos 11 anos de idade, com dap e altura superior a 23 cm e 16 m respectivamente (CHRISTO et al.,2012).

Ressalta-se que os plantios não foram submetidos a tratamentos como desramas ou desbastes, e tratando-se de espécies nativas, as características dendrométricas em cada idade comparadas com outros plantios de rápido crescimento frequentemente serão inferiores nas idades iniciais.

Sette Jr. et al. (2004) estudando as características volumétricas e de biomassa do pinus em diferentes idades, verificaram maiores resultados para dap e altura do pinus a partir dos 12 anos (dap = 22 cm e altura média = 17,80 m) em relação ao jatobá de 17 anos.

No mesmo trabalho também é encontrado para o pinus de 18 e 26 anos resultados superiores aos dos jatobás com 24 anos, com diâmetros iguais a 27,3 e 33 cm, e altura média de 24,1 e 25 m respectivamente. No entanto, a partir da tabela abaixo podemos verificar que aos 24 anos, o maior percentual de indivíduos na classe 26-35 cm de dap e altura total de 13-20 m, pode caracterizar ao plantio potencialidade para fins madeireiros, e a necessidade de práticas silviculturais adequadas.

**Tabela 4.** Percentual de árvores em classes de diâmetro e altura total para o jatobá de 24 anos

Variáveis	Classes	Árvores (%)
Dap (cm)	5-15	23
	<b>15,01-25</b>	<b>32</b>
	<b>25,01-35</b>	<b>35</b>
	35,01-45	9
	>45	1
Altura total (m)	4-12	21
	<b>12,01-20</b>	<b>43</b>
	20,01-28	22
	28,01-36	10
	>36	4

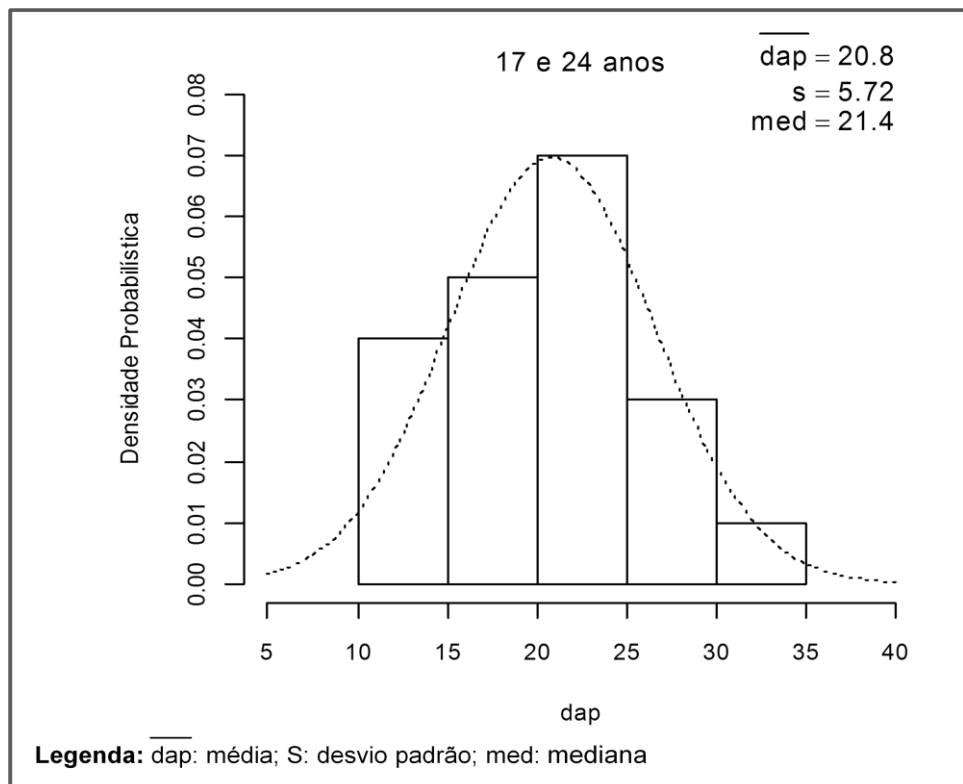
### 5.1.1. Ajustes das equações

Inicialmente aos ajustes, foi verificado pelo teste de *Shapiro Willk*, a não normalidade dos dados quando analisados separadamente por idade. Este resultado deve-se provavelmente pelo pequeno número de árvores amostradas, sendo necessária a junção dos dados dos dois plantios (n=22) para os procedimentos de ajuste, alcançando assim a condição de normalidade ( $p=0,96$ ).

Considerando a junção dos dados das árvores de 17 e 24 anos, a aplicação da equação ajustada é ampliada, porém, ressalta-se a necessidade quando possível, da utilização de um maior número de amostras para melhor precisão dos



experimentos, e para especificar equações de acordo com cada idade.



**Figura 13.** Estatística descritiva e histograma da distribuição diamétrica das árvores (n=22) aos 24 e 17 anos

No Quadro 3 seguem os valores obtidos para os coeficientes das equações, bem como os valores do coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), do erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ) e deviance residual (D). As linhas em negrito destacam as equações que apresentaram as melhores estatísticas de ajuste.

Os melhores resultados observados foram para as equações de dupla entrada (7) e (8), que apresentaram coeficiente de determinação ajustado 93,71 e 89,54% respectivamente.

A equação (3) apresentou ajuste não satisfatório, com valor para  $R^2_{aj}$  menor que 63%, e erros 0,449 para  $S_{yx}$  e 4,042 para D. Os modelos (5) e (6), que utilizam apenas a variável diâmetro, apresentaram baixos valores para  $S_{yx}$ , no entanto, distribuição residual tendenciosa.

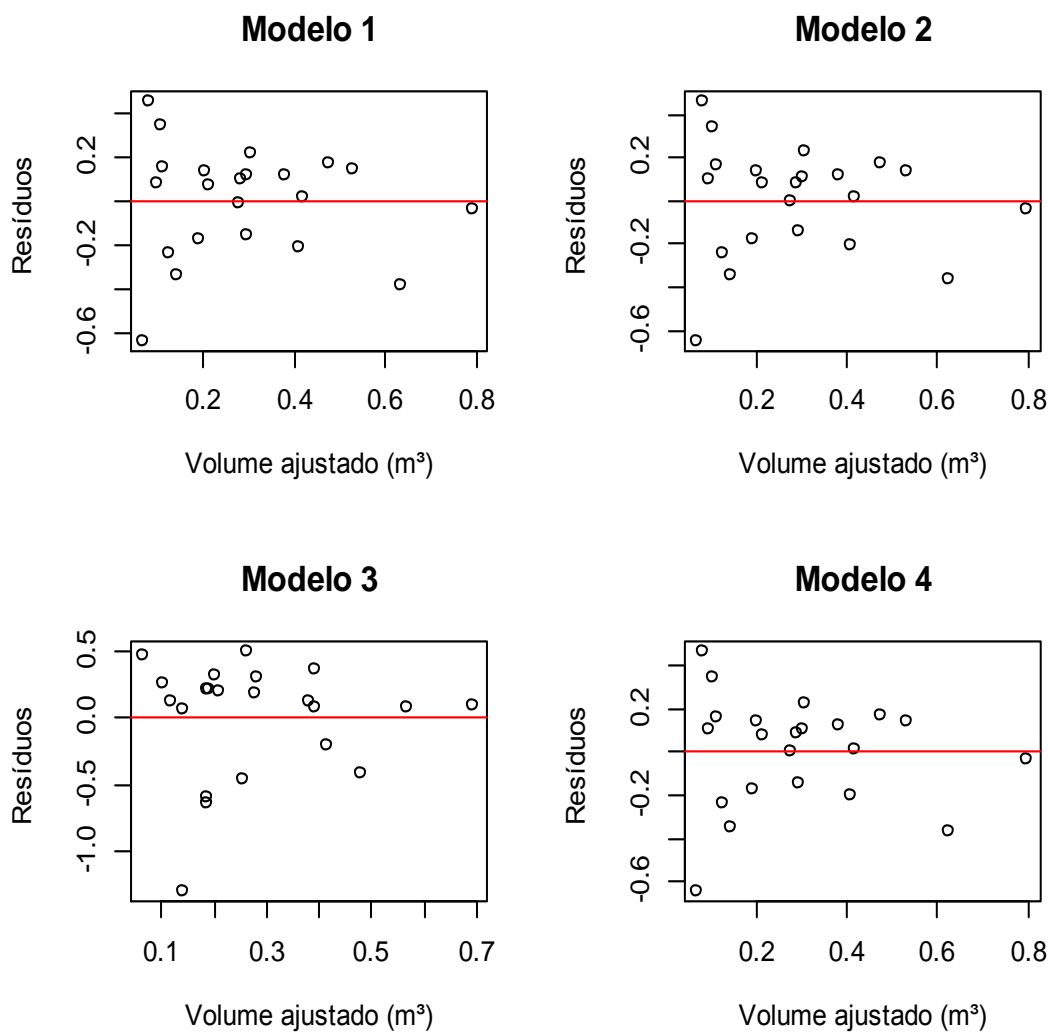
**Quadro 3.** Ajuste e parâmetros estatísticos de seleção dos modelos

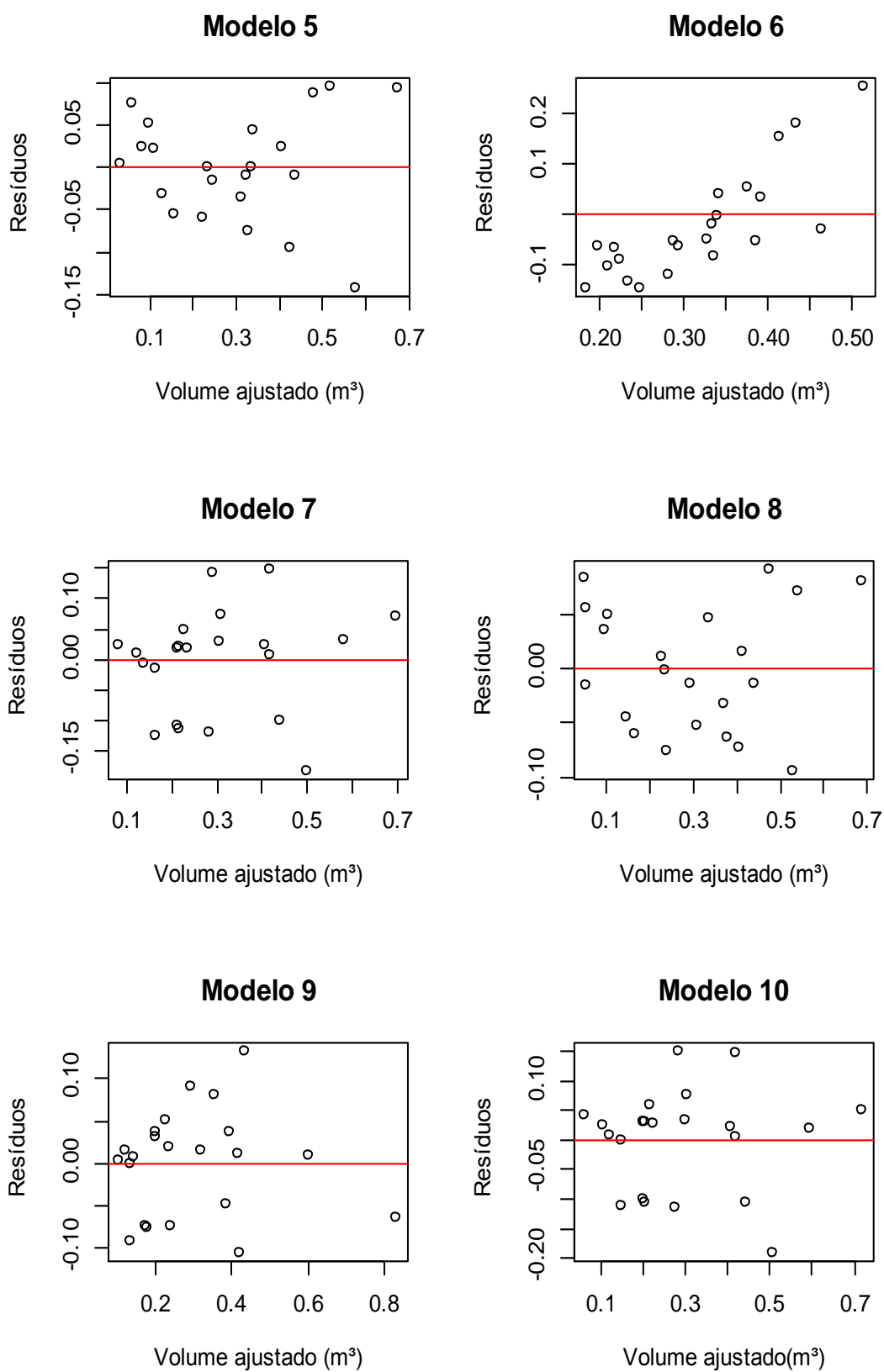
	Modelos	Coeficientes			$R^2_{aj}$ (%)	$S_{yx}$	$D$
		$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$			
1	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(d) + \beta_2 \cdot \ln(h) + \varepsilon_i$	-8,416	2,360	-0,031 <sup>ns</sup>	86,71	<b>0,266</b>	1,353
2	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(d) + \varepsilon_i$	-8,438	2,342		87,36	0,260	1,354
3	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(d \cdot h) + \varepsilon_i$	-7,352	1,105		62,29	0,449	4,042
4	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(d) + 1/d + \varepsilon_i$	-8,438	2,343		87,36	0,260	1,354
5	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot d + \varepsilon_i$	-0,323	0,030		88,53	0,064	0,081
6	$V = \beta_1 \cdot d^2 + \varepsilon_i$	0,015			90,27	0,109	0,248
7	$V = \beta_1 \cdot d \cdot h + \varepsilon_i$	<b>0,00126</b>			<b>93,71</b>	<b>0,087</b>	<b>0,160</b>
8	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot h + \varepsilon_i$	<b>-0,362</b>	<b>0,028</b>	<b>0,00769<sup>ns</sup></b>	<b>89,54</b>	<b>0,061</b>	<b>0,070</b>
9	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot d^2 \cdot h + \varepsilon_i$	0,066	0,0000414		88,22	0,065	0,083
10	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot d \cdot h + \varepsilon_i$	0,024 <sup>ns</sup>	0,00133		77,70	0,088	0,158

$R^2_{aj}$ : Coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$ : Erro padrão da estimativa;  $D$ : Deviance

\*ns: não significativo (para  $p < 0,05$ )

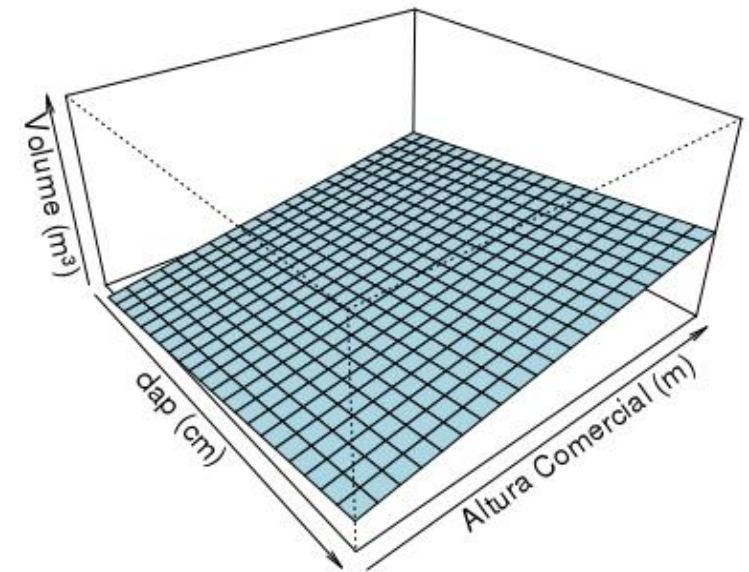
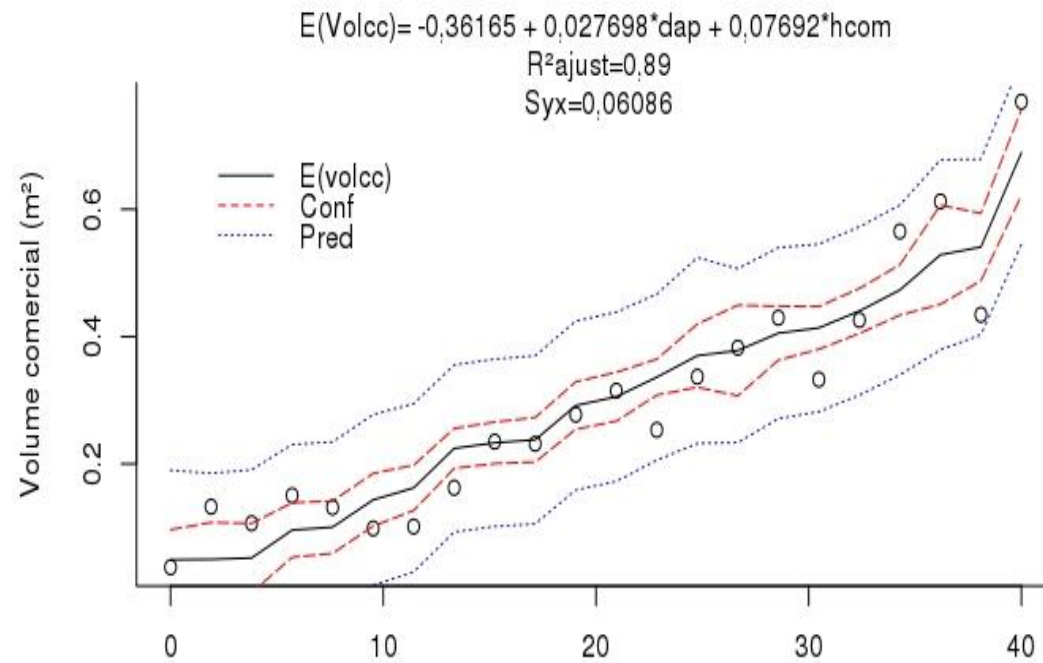
Apesar do maior  $R^2_{aj}$  para o modelo (7), também foi observado maior erro padrão da estimativa ( $S_{yx}= 0,087$ ) e maior deviance ( $D= 0,160$ ) em relação ao modelo (8) ( $S_{yx}= 0,061$  e  $D= 0,070$ ). Devido a isto, a interpretação gráfica foi fundamental para definir a escolha do melhor modelo, sendo a equação (8) a que obteve o melhor desempenho para estimar o volume comercial com casca em plantios de jatobá, devido melhor distribuição dos dados no intervalo de confiança. (Figura 14).





**Figura 14.** Distribuição gráfica dos resíduos (n=22) para os modelos volumétricos

### Modelo 8



**Legenda:** E(Volcc): Média do volume comercial com casca ajustado; Conf: Intervalo de confiança (95%); Pred: Intervalo de Predição (95%)

**Figura 15.** Gráficos da equação ajustada para a estimativa do volume em plantios de jatobá e superfície de resposta

O modelo selecionado assemelha-se à equação recomendada por Ribeiro et al. (2014) para a estimativa volumétrica da mesma espécie (*Hymenaea courbaril*). Utilizando dados de 30 árvores provenientes da Floresta Nacional do Tapajós, o autor encontra maior  $R^2_{aj}$  (93,43%) e obteve a equação  $\ln(V) = -7,214 + 1,780 \cdot \ln(d) + 0,449 \cdot \ln(h)$ .

Na mesma área, Moura (1994) encontrou melhor ajuste para diferente equação ( $V = \beta_0 + \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot d^2 + \beta_3 \cdot d \cdot h + \beta_4 \cdot d^2 \cdot h + \beta_5 \cdot h$ ), com maior resultado para  $R^2_{aj}$  (97,90%), porém maior  $S_{yx}$  (1,307).

Em plantios, Tonini et al. (2005) verificou para o jatobá aos 7 anos de idade, melhor ajuste para o modelo de Stoaate ( $V = \beta_0 + \beta_1 \cdot d^2 + \beta_2 \cdot d^3 + \beta_3 \cdot h + \beta_4 \cdot 1/h$ ), com valores de  $R^2_{aj} = 95\%$  e  $S_{yx\%} = 11,7$ . No entanto o elevado valor do  $R^2_{aj}$  pode ser justificado pelo maior número de variáveis nesta equação.

Os resultados deste estudo podem ser considerados robustos, pois a partir da técnica de reamostragem *Bootstrap*, foi observado que os coeficientes ajustados estão compreendidos nos intervalos encontrados para 10.000 replicações, autenticando a equação proposta a partir da análise de 22 árvores.

**Quadro 4.** Intervalos de confiança para os valores dos coeficientes da equação (8) a partir da reamostragem *bootstrap*

Equação: $V = -0,362 + 0,028 \cdot d + 0,00769 \cdot h$			
Intervalos	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$
	-0,4773 a -0,2395	0,0214 a 0,0348	-0,0018 a 0,0210

Com base na equação proposta, foram calculadas as estimativas volumétricas para um hectare, considerando os diferentes espaçamentos do plantio (3x3 e 3x4 m), e uma mortalidade de 20%.

Com espaçamento 3x3 a estimativa média do volume foi de 267,24 m<sup>3</sup>/ha, enquanto que no espaçamento maior de 3x4, a estimativa diminui para 200,43 m<sup>3</sup>/ha, como exposto na Tabela 5.

**Tabela 5.** Volume individual observado e estimado, dap, altura comercial, intervalo de confiança para o estoque do volume comercial ajustado em 1 ha e incremento anual

<b>Equação: <math>V = -0,362 + 0,028 \cdot d + 0,00769 \cdot h</math></b>					
<b>Árvore</b>	<b>Volume observado</b>	<b>Volume estimado</b>	<b>Dap</b>	<b>Hc</b>	
1	0,18551	0,22955	18,6	9,2	
2	0,05712	0,05368	13,5	4,9	
3	0,28312	0,41259	25	9,7	
4	0,22792	0,29766	21,2	8,59	
5	0,08214	0,09995	14,4	7,64	
6	0,18214	0,23844	19	8,9	
7	0,08328	0,05281	12,7	7,7	
8	0,10101	0,10447	14,1	9,32	
9	0,20394	0,31173	21,7	8,6	
10	0,33304	0,34254	22,1	11,15	
11	0,37810	0,37627	22	15,9	
12	0,47077	0,42068	24,3	13,3	
13	0,46718	0,44752	25,3	13,15	
14	0,65354	0,54889	28	16,5	
15	0,20364	0,24296	18,2	12,4	
16	0,13962	0,14770	15,1	11,3	
17	0,60644	0,48097	26,7	12,40	
18	0,81034	0,69890	33,3	16,71	
19	0,14264	0,16675	16	10,5	
20	0,47560	0,53721	30	7,7	
21	0,35606	0,38430	21,6	18,4	
22	0,07859	0,05533	11,9	10,94	
<b>Média</b>	<b>0,29644</b>	<b>0,30231</b>	<b>20,67</b>	<b>11,13</b>	
<b>*Estoque (m<sup>3</sup>/ha):</b> 200,45 < 267,24 < 334,03			<b>Incremento médio (m<sup>3</sup>/ha/ano):</b> 11,13		
<b>**Estoque (m<sup>3</sup>/ha):</b> 150,33 < 200,43 < 250,53			<b>Incremento médio (m<sup>3</sup>/ha/ano):</b> 11,79		

\*Considerando espaçamento 3X3 m; \*\* Considerando espaçamento 3X4 m

Em jatobás com 7 anos de idade, Tonini et al. (2005) verificaram uma estimativa menor, de 20,1 m<sup>3</sup>/ha em espaçamento 2,5 x 2 m. Leite et al. (2006), encontraram valores aproximados para plantios adensados de pinus nas idades de 8

e 10 anos, (196,3 e 274 m<sup>3</sup>/ha respectivamente).

Castro et al. (2013) observaram em povoamentos de eucaliptos uma estimativa de 23,8 m<sup>3</sup>/ha para a espécie aos 2 anos e 353,9 m<sup>3</sup>/ha para as árvores aos 6 anos, sendo o último superior à média do jatobá aos 24 anos.

De acordo com Leite et al. (2006), o espaçamento pode influenciar a tendência de crescimento em altura total, área basal por ha, em diâmetro quadrático, volume por árvore e em volume por hectare em árvores de diferentes idades.

Com os valores médios do estoque de volume em um hectare, foi possível calcular o incremento anual para os plantios de acordo com os espaçamentos utilizados.

Para espaçamento 3x4 e 3x3, o incremento médio foi de 11,79 m<sup>3</sup>/ha/ano (24 anos) e 11,13 m<sup>3</sup>/ha/ano (17 anos). Esses valores são considerados baixos em relação ao resultado encontrado para pinus com 16 anos em um sítio de média produtividade (30,24m<sup>3</sup>/ha/ano). Para as espécies de eucalipto, o crescimento volumétrico, diamétrico e em área basal, geralmente atingem valores máximos, antes dos 10 anos, e o incremento médio anual (IMA), antes de 15-20 anos (MAINARD et al., 1996; REMADE, 2004).

Em duas áreas de colheita, Figueiredo et al. (2005) observaram para *Tectona grandis* proveniente de plantios no Acre, um incremento médio anual do volume total de 13,66 e 10,00 m<sup>3</sup>/ha/ano para as árvores de 17 anos, enquanto para as de 24 anos o incremento foi de 13,53 e 10,30 m<sup>3</sup>/ha/ano. Os valores deste trabalho são intermediários a estes, e foram calculados com base no volume comercial; assim, podemos considerar o incremento médio anual do jatobá satisfatório em relação às árvores de teca com a mesma idade.

Portanto, estudos no sentido de identificar o maior potencial de produtividade em função do espaçamento são necessários para que as estimativas encontradas neste trabalho sejam superadas, no intuito de atribuir ao jatobá valor real para exploração madeireira



## 5.2. BIOMASSA

A Tabela 6 apresenta o intervalo de confiança para a biomassa dos compartimentos aéreos e suas porcentagens de alocação, juntamente com a média da massa seca total individual.

**Tabela 6.** Intervalo de confiança para a biomassa seca dos compartimentos aéreos e representação percentual

Idade	Componentes	Massa seca (kg)	(%)	Total
17	Folhas	2,90 < 5,47 < 8,04	2,68	204,14
	Galhos	31,46 < 56,19 < 80,92	27,52	
	Fuste	89,85 < 142,48 < 195,11	69,80	
24	Folhas	3,30 < 5,99 < 8,68	1,44	416,11
	Galhos	55,76 < 92,96 < 130,16	22,34	
	Fuste	214,70 < 317,16 < 419,62	76,22	

\*Biomassa média de 10 árvores;

Entre os plantios, é observada maior diferença entre as massas secas do fuste e dos galhos, com maiores valores encontrados para as árvores com 24 anos. Contudo, essa diferença não é conferida entre as biomassas foliares, apresentando resultados semelhantes (5,47kg e 5,99 kg). Também é verificado pela representação percentual, que a idade influencia no desenvolvimento da biomassa do fuste em função da diminuição da biomassa dos galhos e das folhas.

Ferez (2010), estudando a biomassa aérea e abaixo do solo em reflorestamentos com espécies nativas da Mata Atlântica, encontrou para o jatobá com aproximadamente 6 anos, maior porcentagem de alocação de biomassa nas raízes (40%). A contribuição da biomassa foliar é maior (7%), e para os galhos e fuste, os resultados são inferiores (22 e 31% respectivamente).

Bastos (2011) analisando a biomassa aérea em indivíduos de *Hymenaea courbaril* nas idades de 9 e 10 anos em plantios localizados em Manaus sob três tipos de adubações, verificou maior alocação de biomassa nos galhos finos em dois dos tratamentos. A alocação nas folhas corresponderam a 3,39; 2,74 e 6,05%,

enquanto que para o fuste foram verificadas menores contribuições em relação à este estudo (33,62 ; 53,47 e 34,45%).

Sette Jr. et al. (2004) quantificando a biomassa de *Pinus taeda* em plantios com diferentes idades, encontraram valores superiores para a massa seca do tronco. O povoamento de 18 anos obteve diferença de mais de 100 Kg (262,74 Kg) em relação ao fuste dos jatobás aos 17 anos. Contudo para o pinus com 26 anos, essa diferença cai consideravelmente (393,54 Kg), aproximando-se da biomassa do fuste do jatobá aos 24 anos.

Bastos (2011) encontrou para a biomassa total acima do solo em povoamentos de jatobá com 9 e 10 anos sob adubação orgânica, adução química e sem adubação resultados inferiores, 164,2; 33,6 e 7,8 Kg/árvore respectivamente. A partir disso, pressupomos que a biomassa dos plantios poderia atingir maiores proporções caso tivessem recebido tratamentos silviculturais.

Em uma floresta estacional decidual, Ferez (2010) encontrou para o jatobá, uma biomassa aérea de 1511,4 Kg/árvore, valor superior a mais de 1000 Kg em relação aos plantios de 24 anos.

Esta diferença pode ser associada à idade do plantio, e talvez seja explicada pela proporção de madeira juvenil que compõe o fuste das árvores. De acordo com Jankowsky (1979), a madeira juvenil é encontrada na região próxima à medula, proveniente do crescimento inicial e apresenta diferenças significativas em relação à madeira adulta encontrada na porção mais externa do tronco.

Zobel (1976) citado por Jankowsky (1979) afirmam que em geral, 85% do volume comercializável de troncos de *Pinus taeda* são formados por madeira juvenil, e que tanto o peso como o volume desta, diminui com o aumento em idade do povoamento.

**Tabela 7.** Porcentagem de madeira juvenil em toras comercializáveis de *Pinus taeda*, com diferentes idades

Idade do povoamento (anos)	Madeira juvenil (%)	
	Peso seco	Volume
15	76,0	85,0
25	50,0	55,0
40	15,0	19,0

**Fonte:** Jankowsky (1979) adaptado de Zobel (1976)

### 5.2.1. Ajustes das equações

Os resultados abaixo correspondem às análises realizadas para os dados dos dois plantios conjuntamente (n=20). As linhas em negrito destacam os modelos que obtiveram as melhores estatísticas de ajuste para a estimativa da biomassa acima do solo em plantios de jatobá.

**Quadro 5.** Ajuste e parâmetros estatísticos de seleção dos modelos

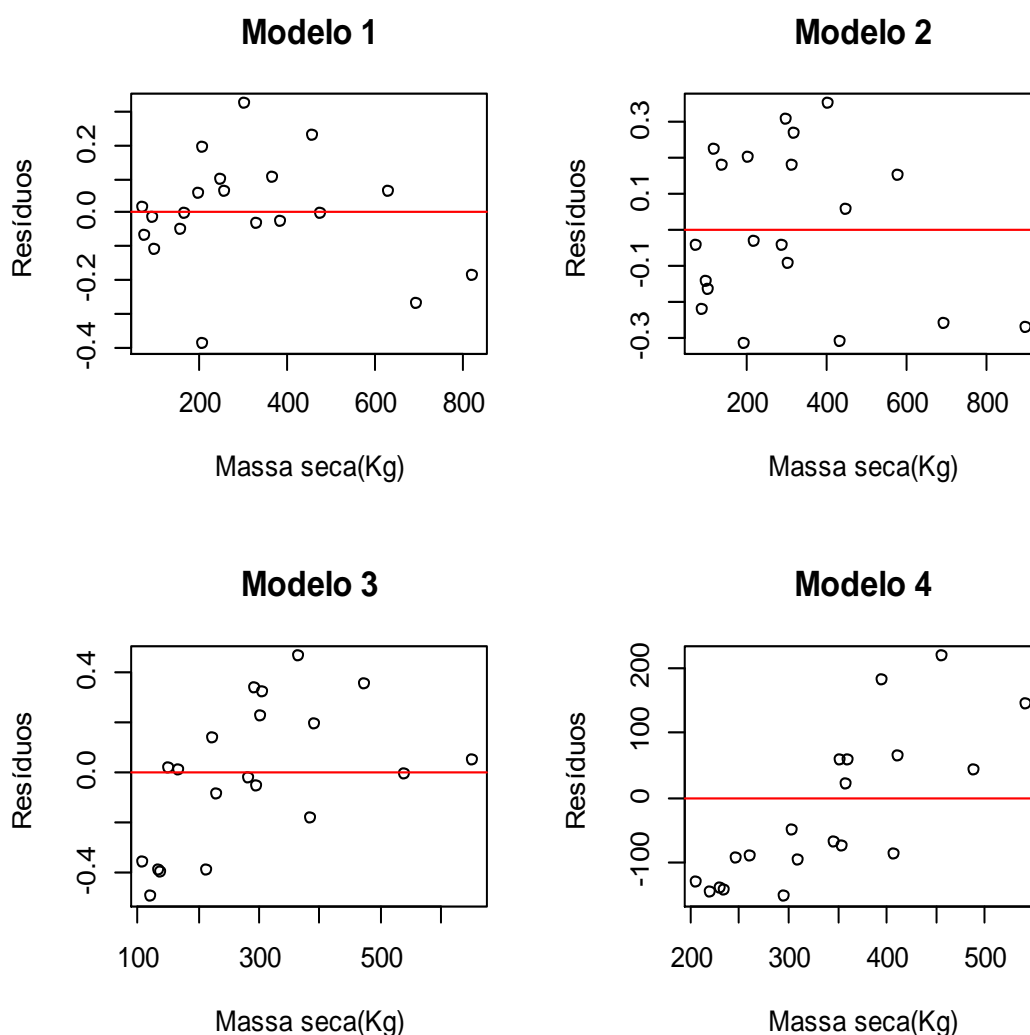
	Modelos	Coeficientes			$R^2_{aj}$ (%)	$S_{yx}$
		$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$		
<b>1</b>	<b><math>\ln(M_S) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(d) + \beta_2 \cdot \ln(h) + \epsilon_i</math></b>	<b>-2,209</b>	<b>1,859</b>	<b>0,753</b>	<b>94,44</b>	<b>0,172</b>
2	$\ln(M_S) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(d) + \epsilon_i$	-2,010	2,514		90,47	0,225
<b>3</b>	<b><math>\ln(M_S) = \beta_1 \cdot \ln(d) + \epsilon_i</math></b>		<b>1,849</b>		<b>99,74</b>	<b>0,286</b>
4	$M_S = \beta_0 + \beta_1 \cdot d^2 + \epsilon_i$	-358,574	32,394		87,09	71,139
5	$M_S = \beta_0 + \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot h + \epsilon_i$	-402,070	23,672	12,222	91,63	57,269
6	$M_S = \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot d^2 \cdot h + \epsilon_i$		5,537	0,021	96,98	64,240
7	$M_S = \beta_1 \cdot d + \epsilon_i$		16,316		89,85	117,800
8	$M_S = \beta_1 \cdot d \cdot h + \epsilon_i$		0,804		97,24	61,408
9	$M_S = \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot d \cdot h + \epsilon_i$		-2,471 <sup>ns</sup>	0,918	97,22	61,672

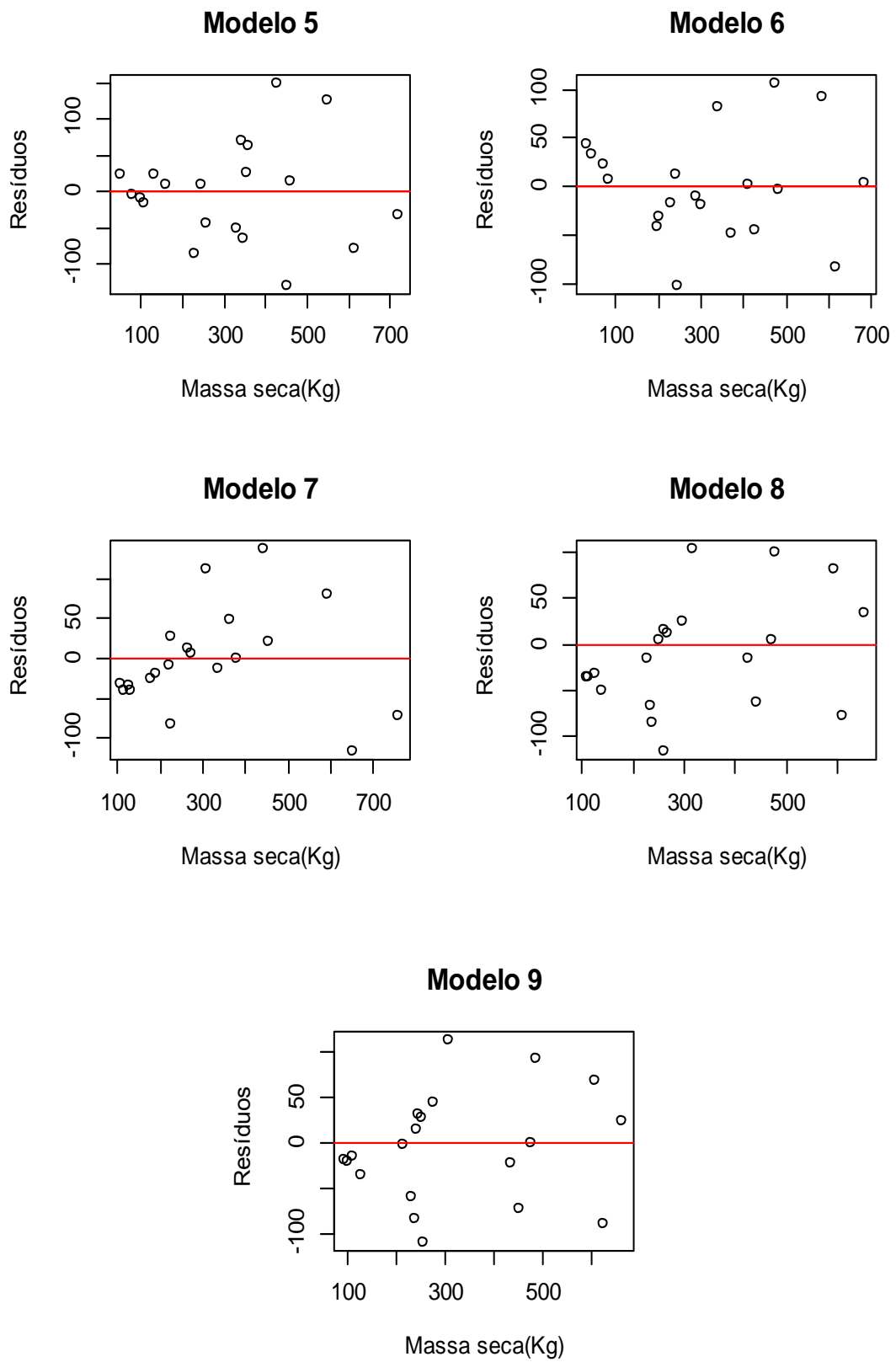
$M_S$ : Massa seca;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ : Coeficientes da regressão; d: diâmetro à altura do peito, h: altura total;  $R^2_{aj}$ : Coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$ : Erro padrão da estimativa

Para os modelos (4) e (7), foram verificados ajustes não satisfatórios, apresentando  $R^2_{aj}$  inferior a 90% e altos valores para  $S_{yx}$  (71,139 e 117,800 respectivamente).

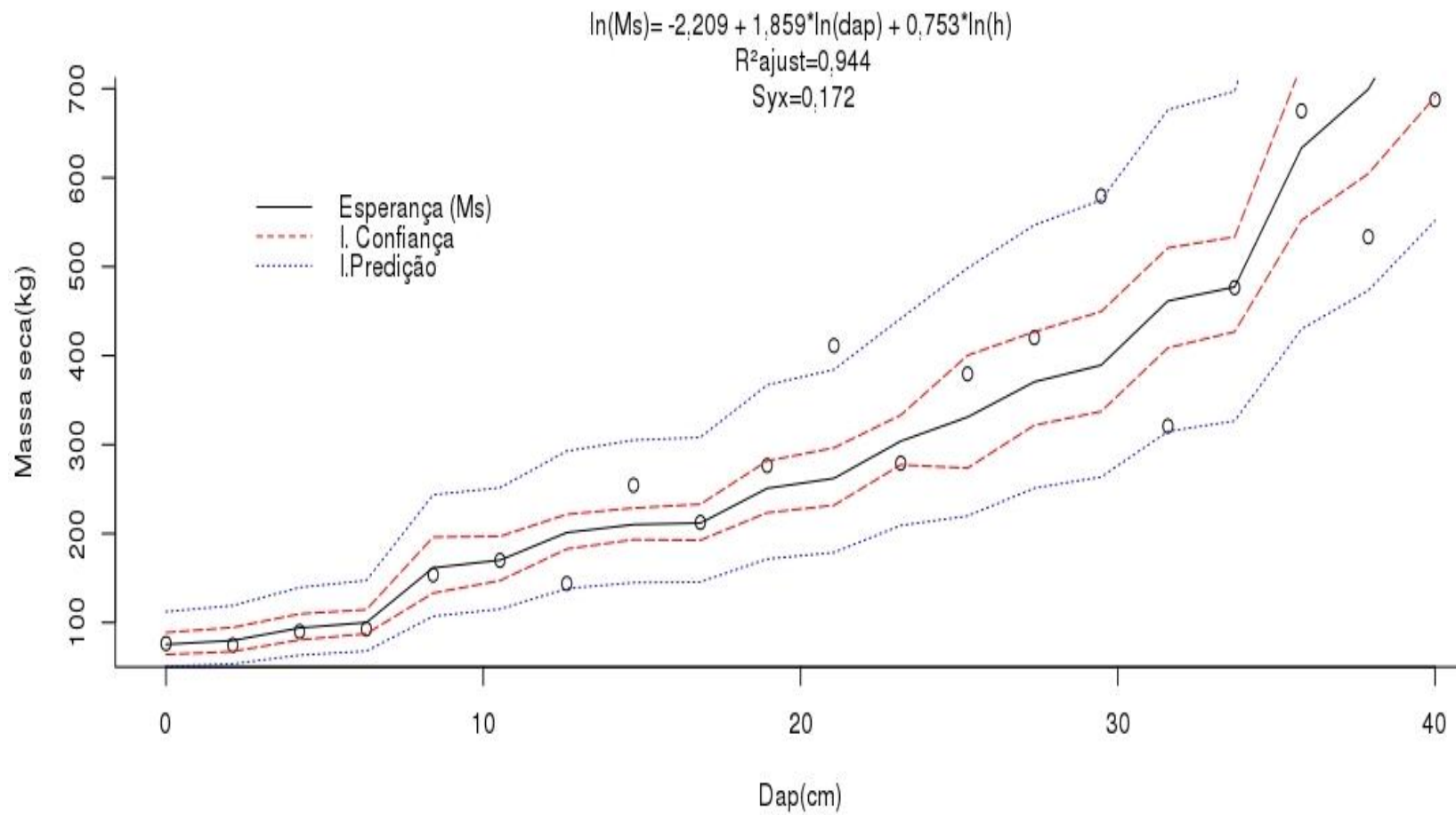
Os modelos logarítmicos apresentaram menor erro padrão e coeficiente de determinação ajustado acima de 90%, sendo encontrado melhor ajuste para o modelo (1) e (3). Os modelos (8) e (9) explicam acima de 97% da variação dos dados, no entanto não correspondem a um menor erro.

Além dos parâmetros de ajuste, a seleção do modelo levou em consideração a interpretação gráfica e as estimativas geradas. Mesmo possuindo bom resultado para  $R^2_{aj}$ , o modelo (3) apresentou maior  $S_{yx}$  em relação ao modelo (1), além de subestimar os valores da biomassa. Portanto o modelo recomendado para a obtenção da biomassa acima do solo em plantios de jatobá é a equação (1).





**Figura 16.** Distribuição gráfica dos resíduos (n=22) para os modelos de biomassa aérea



**Legenda:** E(ps): Média do peso seco ajustado; Conf: Intervalo de confiança (95%); Pred: Intervalo de Predição (95%)

**Figura 17.** Equação ajustada para a estimativa da biomassa seca acima do solo em plantios de jatobá

Na mesma área desta pesquisa Silva et al. (2000) encontrou melhor ajuste para diferente modelo para estimar a biomassa seca do tronco de *Hymenaea courbaril* aos 7 anos,  $\ln(Ms) = 0,27544009 + 1,704370873^{**} \cdot \ln(d)$ .

Lima (2011) avaliando a biomassa aérea em plantios homogêneos de castanha-do-brasil aos 9 anos de idade localizados na Amazônia Central, obteve melhor ajuste com o modelo de simples entrada: “ $Ms = \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot d^2$ ”, com  $R^2_{aj} = 0,99$  e  $S_{yx} = 16,52$ .

No entanto, para a estimativa da biomassa aérea em florestas de eucalipto, Silva et al. (2015) e Soares et al. (1996) recomendam o modelo selecionado neste estudo. Não apenas, para a obtenção do peso seco aéreo em plantios de acácia negra, também é observado melhores estatísticas de ajuste para a equação de Schwmacher e Hall (SANQUETTA et al., 2016).

Em relação às estimativas geradas, na Tabela 8 são verificadas as massas secas dos plantios, 280,41 e 207,71 Mg/ha, calculadas considerando os espaçamentos 3x3 e 3x4 m respectivamente.

**Tabela 8.** Biomassa seca individual observada e estimada, dap, altura total e intervalo de confiança para o estoque de biomassa aérea ajustada em 1 ha

Equação $\ln(Ms) = - 2,209 + 1,859 \cdot \ln(d) + 0,753 \cdot \ln(h)$				
Árvore	Observado	Estimado	Dap	Hc
1	420,16143	303,89828	22,10	17,80
2	320,86298	330,88497	25,00	14,70
3	279,12323	262,09093	21,70	15,30
4	276,44802	250,84978	21,20	15,29
5	254,38969	210,19530	18,60	16,70
6	212,55649	201,17794	19,00	14,95
7	92,80633	94,04112	14,40	10,80
8	89,99292	100,10775	14,10	12,36
9	76,53911	75,48763	12,70	11,00
10	74,68317	79,89077	13,50	10,20
11	687,48777	826,30220	33,30	24,41
12	675,06823	633,22212	28,00	26,30
13	579,53447	461,37453	24,30	24,51

Continuação

Árvore	Observado	Estimado	Dap	Hc
14	533,49169	699,17252	30,00	25,30
15	476,37260	477,12401	25,30	23,20
16	411,23789	370,50470	21,60	24,50
17	379,48020	389,24434	22,00	25,00
18	169,92594	170,20463	16,00	18,30
19	153,65422	161,56371	15,10	19,70
20	143,90054	211,80782	18,20	17,80
<b>Média</b>	<b>315,38580</b>	<b>315,45725</b>		

\***Estoque (Mg/ha):** 187,13 < 280,41 < 373,68

\*\***Estoque (Mg/ha):** 114,43 < 207,71 < 300,98

\*Considerando espaçamento 3X3 m; \*\* Considerando espaçamento 3X4 m

Bastos (2011) estima para povoamentos de jatobás com 9 e 10 anos de idade sob adubação orgânica um valor aproximado ao encontrado para as árvores de 24 anos, correspondendo à 273,5 Mg/ha. No entanto ressalta-se a que as árvores do estudo não receberam algum tipo de tratamento silvicultural.

Em povoamento de pinus aos 21, 22 e 23 anos Watzlawick et al. (2005), verifica o total de 298,99; 271,83 e 280,92 Mg/ha de biomassa, incluindo as raízes. Estes valores são aproximados aos do estudo, que não incluiu a biomassa das raízes. Desta forma poderíamos supor que plantios de jatobá de até 24 anos podem superar em biomassa total os valores encontrados em plantios de pinus.

### 5.3. QUALIDADE DA MADEIRA

#### 5.3.1. Umidade

De acordo com a Tabela 9, para as madeiras das duas idades foi verificada uma umidade média em torno de 10%, não diferindo significativamente pelo Teste  $t$  ( $p=0,30$ ).

Schoninger e Zinelli (2012) estudando as propriedades do carvão de *Hymenaea courbaril*, utilizaram semelhante metodologia para encontrar o valor de



11,27%. Almeida (2013) e Oliveira et al. (2013) citam umidades menores para a mesma espécie, 9,45% e 8,52% respectivamente.

**Tabela 9.** Intervalo de confiança, variância, desvio padrão e coeficiente de variação para a umidade da madeira

Idade (anos)	Umidade (%)	Variância	Desvio Padrão	CV (%)	t	p
17	9,87 < 10,25 <sup>ns</sup> < 10,17	0,19	0,43	4,21	1,10	0,30
24	9,88 < 10,02 <sup>ns</sup> < 10,63	0,03	0,17	1,75		

\*ns: as médias não diferem estatisticamente pelo Teste  $t$  ( $p < 0,05$ )

CV: Coeficiente de variação

Mesmo utilizando a análise conjunta de cerne, alburno e transição cerne-alburno, a variância foi baixa, demonstrando que a umidade média para as diferentes proporções da madeira é aproximada.

Para fins de secagem convencional, o agrupamento da madeira de cerne e transição cerne-alburno de *Hymenaea* sp. foi indicado por apresentarem umidade inicial e massa específica estatisticamente iguais e pouca diferença nas médias absolutas (KLITZKE et al., 2008).

A semelhança entre a umidade das madeiras de 17 e 24 anos pode ser explicada pelo fato de que, mesmo sendo visualmente verificada a presença de cerne, principalmente na idade 24 anos, ambos os plantios podem ainda estar na fase juvenil, necessitando realizar a análise anatômica para a constatação.

A madeira juvenil apresenta qualidade diferente da madeira adulta, sendo a última normalmente considerada para caracterizar os valores das propriedades das espécies. De modo geral, a variação das características da madeira corresponde a uma variação dos valores (densidade, comprimento de fibra, entre outros) durante o período juvenil, até atingirem durante a maturidade valores que se mantêm mais ou menos constantes (JANKOWSKY, 1979).

Assis (2009) corrobora ao relatar que a proporção de madeira juvenil existente em uma tora é uma característica que depende fundamentalmente da idade da árvore, do ambiente de plantio e do manejo.

Portanto, como a maioria dos estudos tecnológicos da madeira do jatobá são realizados com base em amostras provenientes de florestas nativas, com indivíduos com maiores diâmetros e conseqüentemente menor proporção de madeira juvenil, podemos supor que as demais propriedades analisadas também serão influenciadas, e que os valores destas podem diversificarem dos encontrados na literatura.

### 5.3.2. Densidade básica

De acordo com a Tabela 10, a densidade básica média encontrada para a madeira de 17 anos foi de 0,72 g/cm<sup>3</sup> e para a de 24 anos, 0,70 g/cm<sup>3</sup>, correspondendo à alta e média densidade respectivamente segundo a classificação de Vale et al. (2005). Entretanto, não foi verificada diferença estatística a um nível de 5% de significância ( $p=0,80$ ).

**Tabela 10.** Intervalo de confiança, variância, desvio padrão e coeficiente de variação para a densidade da madeira

Idade (anos)	Densidade básica (%)	Variância	Desvio Padrão	CV (%)	t	p
17	0,61 < 0,72 <sup>ns</sup> < 0,83	0,013	0,116	16,19	0,26	0,80
24	0,64 < 0,70 <sup>ns</sup> < 0,76	0,005	0,073	10,36		

\*ns: as médias não diferem estatisticamente pelo Teste t ( $p<0,05$ )  
CV: Coeficiente de variação

Os valores de densidade são confirmados por Atayde (2000), que encontrou um resultado de 0,70 g/cm<sup>3</sup> para os jatobás da mesma área de estudo.

Para a densidade básica de *Hymenaea courbaril* também são citados valores próximos como 0,76 g/cm<sup>3</sup> (ARAÚJO, 2007), 0,79 g/cm<sup>3</sup> (CASTRO, 2012) e 0,73 g/cm<sup>3</sup> para *Hymenaea* sp (ELEOTÉRIO e SILVA, 2012).

A metodologia adotada pode explicar a diferença entre os resultados no

intervalo de confiança com maior amplitude para as madeiras de 17 anos, além de que a densidade básica pode assumir diferentes padrões de variação entre a mesma espécie e dentro da mesma espécie (FERNSIDE, 1997).

Jankowsky (1979) acrescenta que a variação da densidade básica é justificada pela relação entre idade e a quantidade de lenho outonal em árvores crescendo em condições naturais e em plantios.

No entanto, Foelkel et al. (1990), afirmam que entre os equívocos mais comuns a respeito da densidade básica são: considerar o valor da densidade básica ao nível do “dap” como valor médio da árvore inteira, e que dentro de uma espécie os valores da densidade básica representem a mesma qualidade da madeira.

Em *Hymenaea courbaril* a massa específica básica encontrada por Klitzke et al. (2008) nas madeiras de alburno, cerne e transição alburno-cerne de, foi de 0,61; 0,75 e 0,78 g/cm<sup>3</sup> respectivamente. Segundo o autor, com exceção do alburno, a densidade do cerne e transição alburno-cerne foram consideradas estatisticamente iguais.

Ferreira (1972), analisando a densidade básica em *Eucalyptus grandis* em diferentes idades, verificou tendência de aumento da densidade em função da idade, sendo que as árvores de 12, 13 e 16 anos não apresentaram diferenças significativas.

Em relação à alta massa específica, esta também pode ser associada à elevada dureza, indicando maior quantidade de xilema por unidade volumétrica, o que é vantajoso na produção de energia, tanto na forma de carvão vegetal quanto de lenha (VALE et al., 2005).

### 5.3.3. Estabilidade dimensional

Na Tabela 11 são observadas as deformações em cada direção (tangencial, radial, longitudinal), a variação volumétrica e o coeficiente de anisotropia, calculados tanto para a retração como para o inchamento da madeira.

**Tabela 11.** Intervalo de confiança para os parâmetros de retratibilidade e inchamento

<b>Retratibilidade</b>	<b>17 anos</b>	<b>24 anos</b>	<b>t</b>	<b>p</b>
<b>Retração tangencial (%)</b>	3,66 < 4,66 <sup>ns</sup> < 5,66	3,53 < 5,33 <sup>ns</sup> < 7,14	0,78	0,47
<b>Retração radial (%)</b>	2,11 < 3,04 <sup>ns</sup> < 3,97	3,28 < 4,54 <sup>ns</sup> < 5,80	1,27	0,26
<b>Retração longitudinal (%)</b>	0,22 < 0,49 <sup>ns</sup> < 0,76	0,32 < 0,93 <sup>ns</sup> < 1,54	1,14	0,30
<b>Variação volumétrica (%)</b>	7,47 < 8,02 <sup>ns</sup> < 8,57	7,26 < 10,46 <sup>ns</sup> < 13,66	1,47	0,23
<b>Coeficiente anisotrópico</b>	1,53 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	1,12	0,31
<b>Inchamento<sup>ns</sup></b>	<b>17 anos</b>	<b>24 anos</b>	<b>t</b>	<b>p</b>
<b>Inchamento tangencial (%)</b>	3,87 < 4,93 <sup>ns</sup> < 6,00	3,46 < 5,72 <sup>ns</sup> < 7,98	0,80	0,46
<b>Inchamento radial (%)</b>	2,13 < 3,16 <sup>ns</sup> < 4,20	3,48 < 4,92 <sup>ns</sup> < 6,38	1,23	0,27
<b>Inchamento longitudinal (%)</b>	0,22 < 0,49 <sup>ns</sup> < 0,76	0,31 < 0,97 <sup>ns</sup> < 1,62	1,16	0,30
<b>Variação volumétrica (%)</b>	8,09 < 8,77 <sup>ns</sup> < 9,46	7,61 < 12,01 <sup>ns</sup> < 16,42	1,42	0,24
<b>Coeficiente anisotrópico</b>	1,56 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	0,08	0,94

ns: as médias para os parâmetros de retratibilidade e inchamento não diferem estatisticamente pelo Teste *t* ( $p < 0,05$ )

Para todos os parâmetros desta propriedade não foi verificada diferença estatística pelo Teste *t* a 5% de significância.

Klitzke et al. (2008) avaliando a contração de *Hymenaea courbaril* nas proporções alburno, cerne e transição alburno-cerne encontraram os respectivos valores para às contrações radiais: 3,5%, 2,7% e 3,2% ; e para as contrações tangenciais: 6,1%, 5,4% e 6,0%. Neste estudo observa-se sempre menor deformação para o cerne e diferença mínima entre a madeira da transição alburno-cerne e alburno.

Comparando os resultados de Klitzke et al. (2008) com os encontrados no estudo, verificamos a proximidade dos valores da retração radial da madeira de 17 anos (3,04%) com os valores descritos para as proporções alburno e alburno-cerne, sendo estes ainda inferiores aos encontrados para a madeira de 24 anos (4,54%). Esta proximidade pode ser atribuída à metodologia adotada neste trabalho que analisou cerne e alburno conjuntamente.

Lahr et al. (2016) verificando a retratibilidade em *Hymenaea stilbocarpa* Hayne provenientes de três áreas diferentes, encontraram para a retração radial valores similares aos da madeira de 17 anos (3,52; 3,63 e 3,45%) e maior retração tangencial em relação às duas idades (7,23, 6,71 e 6,63%).

As retrações e os inchamentos nos planos da madeira seguem a ordem: longitudinal < radial < tangencial. Trugilho e Vital (1996) confirmam esta sequência, e afirmam que normalmente o aumento da dimensão longitudinal, fica restrito a valores compreendidos entre 0,1 e 0,9%. Na direção radial, a contração devido a perda de umidade entre 30 e 14% varia de 2 a 3% e na direção tangencial esse valor pode ser de duas a três vezes maior.

Com exceção da retração longitudinal da madeira de 24 anos que ultrapassa minimamente (0,93%) o limite máximo do intervalo de retração total, os demais valores para as duas idades satisfazem a tabela proposta por Jankowsky e Galina (2013).

**Tabela 12.** Magnitude da retração dimensional e volumétrica nas diferentes direções estruturais da madeira

Direção estrutural	Retração total (%)
Longitudinal (L)	0,1 - 0,9
Radial (R)	2,4 - 11,0
Tangencial (T)	3,5 - 15,0
Volumétrica	6,0 - 27,0

**Fonte:** Jankowsky e Galina (2013)

Em relação à variação volumétrica, Klitzke et al. (2008), citam resultados semelhantes para as contrações do alburno (9,7%), cerne, (8,1%) e transição alburno-cerne (9,2%).

Para a madeira de *Tectonas grandis* aos 5, 10 e 30 anos, Pinto (2007) observa diferença significativa para a retração volumétrica nas três idades, e nenhuma diferença quando analisados os coeficientes anisotrópicos.

O mesmo autor cita os seguintes coeficientes de anisotropia: 1,38; 1,20 e 1,17 para o inchamento e 1,34; 1,32 e 1,18 para as idades 5, 10 e 30 anos respectivamente. Quando comparados aos encontrados para os plantios do estudo verifica-se que os coeficientes da teca são inferiores aos do jatobá aos 17 anos, e que a teca aos 30 anos possui coeficiente semelhante aos do jatobá de 24 anos.

De acordo com a Tabela 13 os coeficientes de anisotropia para a retração e inchamento dos plantios, classificam a madeira em excelente (madeira de 24 anos) e normal (madeira com 17 anos).

Segundo Scavanaca e Garcia (2004), quanto mais baixa esta razão, isto é, quanto mais próxima de um, melhor é a espécie para marcenaria.

**Tabela 13.** Coeficiente de anisotropia dimensional, qualidade e uso da madeira

Coeficiente de anisotropia em:		Qualidade da madeira	Utilização indicada para a madeira
Retração - $A_r$	Inchamento - $I_r$		
Até 1,50	Até 1,54	Excelente	Móveis finos, esquadrias, barcos, instrumentos musicais, aparelhos de esporte e etc.
1,50 a 2,00	1,54 a 2,10	Normal	Estantes, mesas, armários e usos que permitam pequenos empenamentos
Acima de 2,00	Acima de 2,10	Ruim	Construção civil (observadas as características mecânicas), carvão, lenha e etc.

Fonte: LOGSDON et al., (2008)

#### 5.3.4. Compressão paralela às fibras

De acordo com a Tabela 14, a resistência à compressão paralela e MOE das árvores de 17 anos tiveram uma média de 54,43 e 5658 MPa, e para os jatobás de 24 anos, 57,54 e 6340 MPa respectivamente. De acordo com o teste  $t$  aplicado, estes valores não são considerados diferentes a um nível de 5% de significância.

Em plantios, valor inferior é citado por Atayde (2000) para a resistência à compressão paralela em madeira de jatobá aos 7 anos (481,7 kgf/cm<sup>2</sup>, aproximadamente 47,24 MPa). No entanto, para as árvores com 18 anos o valor encontrado pela autora é próximo aos do estudo (571,04 Kgf/cm<sup>2</sup>, aproximadamente 56 MPa).

Lahr et al. (2016) avaliando as propriedades físicas da espécie *Hymenaea stilbocarpa* Hayne com diferentes teores de umidade observou resultados superiores para a resistência à compressão paralela (93,91, 93,42 e 94,38 MPa) e seus respectivos módulos elasticidade (22482, 21403 e 21759 MPa).

Maiores valores também foram verificados por Araújo (2007) para *Hymenaea courbaril*, apontando uma resistência à compressão paralela de 75,81 MPa. Dias e Lahr (2004) observam para *Hymenaea* sp, os valores 91 MPa para a resistência e MOE 22.967 MPa.

**Tabela 14.** Intervalo de confiança, variância, desvio padrão e coeficiente de variação para a compressão paralela às fibras e módulo elasticidade

<b>Idade (anos)</b>	<b>Compressão Paralela (MPa)</b>	<b>Variância</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>CV (%)</b>	<b>t</b>	<b>p</b>
17	52,08 < 54,43 <sup>ns</sup> < 56,79	7,22	2,69	4,93		
24	52,55 < 57,54 <sup>ns</sup> < 62,53	32,39	5,69	9,89	1,10	0,30

<b>Idade (anos)</b>	<b>MOE (MPa)</b>	<b>Variância</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>CV (%)</b>	<b>t</b>	<b>p</b>
17	5471 < 5668 <sup>ns</sup> < 5865	50720	225,21	3,97		
24	5688 < 6340 <sup>ns</sup> < 6993	554937	744,94	11,75	1,93	0,11

\*ns: as médias não diferem estatisticamente pelo Teste t ( $p < 0,05$ )

CV: Coeficiente de variação

Em plantios de teca foi observado valor aproximado para a resistência à compressão paralela da teca de 30 anos (56,40 MPa) e inferiores para as de 10 anos (43,69 MPa). No entanto, essa observação não se aplica aos respectivos módulos elasticidades nas mesmas idades, 16433 e 10999 MPa (PINTO, 2007).

A norma brasileira ABNT NBR 7190 (1997) cita o enquadramento da madeira em classes de resistência a partir principalmente dos valores de compressão paralela. As classes de resistência das madeiras têm por objetivo o orientar a escolha do material para elaboração de projetos estruturais.

Dias e Lahr (2004) enquadraram a madeira de *Hymenaea* sp na classe máxima de resistência C60 da referida norma, por apresentarem valor característico de 78,7 MPa.

Os resultados citados na literatura para compressão paralela do jatobá são normalmente maiores aos encontrados no estudo, no entanto ressalta-se a característica idade como fator diferencial das espécies provenientes de florestas nativas, visto que normalmente as pesquisas relacionadas à propriedades mecânicas são realizadas com madeiras destinadas à serraria, com cerne bem desenvolvido e maiores diâmetros.



### 5.3.5. Flexão estática

De acordo com a Tabela 15, observa-se as médias 105,40 e 13328 para a resistência à flexão e módulo elasticidade das árvores com 17 anos, e para os jatobás com 24 anos 117,17 e 14521 MPa respectivamente. Tanto para a flexão como para o MOE não foi verificado diferença significativa.

Para a mesma espécie, Araújo (2007) encontrou maior resultado para a flexão (137,20 MPa) e MOE aproximado aos das árvores com 24 anos (15593 MPa). Valores superiores também são descritos por Lahr et al. (2016) para *Hymenaea stilbocarpa* Hayne de três áreas distintas: 163,42, 151,83 e 148,46 MPa para a resistência à flexão estática e 22708, 20864 e 21222 para os respectivos MOE.

**Tabela 15.** Intervalo de confiança, variância, desvio padrão e coeficiente de variação para flexão e MOE

Idade (anos)	Flexão (MPa)	Variância	Desvio Padrão	CV (%)	<i>t</i>	<i>p</i>
17	95,78 < 105,40 <sup>ns</sup> < 115,03	120,60	10,98	9,95		
24	101,65 < 117,17 <sup>ns</sup> < 132,69	250,82	15,84	13,52	0,88	0,40

Idade (anos)	MOE (MPa)	Variância	Desvio Padrão	CV (%)	<i>t</i>	<i>p</i>
17	12028 < 13328 <sup>ns</sup> < 14628	1758791	1326,19	9,95		
24	13450 < 14521 <sup>ns</sup> < 15592	1792752	1338,94	9,22	1,49	0,17

\*ns: as médias não diferem estatisticamente pelo Teste *t* ( $p < 0,05$ )

CV: Coeficiente de variação

Em doze árvores de *Hymenaea* sp, Morales (2002) encontrou um intervalo de 10549 a 24667 MPa para o MOE, compreendendo assim os resultados encontrados para as duas idades deste estudo.

Ponte Filho et al. (2004) estudando a influência da idade nas propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. com 9, 13 e 20 anos verificou diferença significativa

apenas para a madeira de 9 anos, enquanto que as de 13 e 20 anos não apresentaram diferença estatística entre si.

Em plantios de teca de 5, 10 e 30 anos a resistência à flexão estática é equivalente à 31,27 MPa, 74,24 MPa e 125,82 MPa respectivamente, sendo superior aos valores dos jatobás apenas as árvores com 30 anos (PINTO, 2007).

Mesmo em florestas plantadas, os estudos conduzidos acerca da qualidade da madeira evidenciam resultados bastante variáveis entre regiões e uma larga amplitude de variação dos dados. Embora essas variações sejam comuns em pesquisas dessa natureza, as intervenções silviculturais e de manejo, bem como as diferenças edafoclimáticas regionais também contribuem para as desigualdades tecnológicas (SANTINI et al., 2000).

### 5.3.6. Dureza Janka

A Tabela 16 apresenta os resultados para a dureza Janka nos planos radiais e tangenciais. Após a aplicação do teste *t*, não foi verificada diferença estatística entre os valores médios.

**Tabela 16:** Intervalo de confiança, variância, desvio padrão e coeficiente de variação para a dureza Janka nas direções radiais e tangenciais

Idade (anos)	Dureza radial (MPa)	Variância	Desvio Padrão	CV (%)	<i>t</i>	<i>p</i>
17	89,08 < 102,59 <sup>ns</sup> < 116,10	237,50	15,41	15,02		
24	92,25 < 104,46 <sup>ns</sup> < 116,68	194,12	13,93	13,34	0,20	0,84
Idade (anos)	Dureza tangencial (MPa)	Variância	Desvio Padrão	CV (%)	<i>t</i>	<i>p</i>
17	90,04 < 104,18 <sup>ns</sup> < 118,31	260,04	16,13	15,48		
24	95,00 < 106,50 <sup>ns</sup> < 117,68	162,66	12,75	11,98	0,25	0,81

\*ns: as médias não diferem estatisticamente pelo Teste *t* ( $p < 0,05$ )  
CV: Coeficiente de Variação

Comparando os resultados entre as durezas radiais e tangenciais, observa-se também que a segunda é discretamente superior à primeira nas duas idades estudadas. Em escala, Klock (2000) afirma que normalmente a dureza no sentido axial é maior que a dureza no sentido tangencial, e que esta é aproximadamente igual a dureza radial.

Valores superiores são citados na literatura para a dureza paralela às fibras de *Hymenaea* sp. 165 MPa, bem como para *Hymenaea stilbocarpa* Hayne, de três áreas distintas: 160,33, 166,17 e 169,54 MPa (DIAS E LAHR, 2004; LAHR et al., 2016).

Para a acácia negra aos sete anos é verificada dureza inferior (radial= 39,38 e tangencial= 37,19 MPa), bem como para árvores maduras de cedro (radial=34,09 MPa e tangencial=32,95 MPa). O mesmo é observado para a madeira de sete clones de eucalipto com treze anos, com durezas médias de 45,8 MPa, 42,9 MPa e 43,4 MPa nas direções longitudinal, radial e tangencial respectivamente (DELUCIS et al., 2013; FRANÇA, 2014).

A dureza também pode ser influenciada pela densidade da madeira, que no caso do jatobá foram classificadas como alta e média densidade. Silva Filho et al. (1992) encontraram proporcionalidade entre a resistência à penetração e a densidade básica de diferentes espécies amazônicas.

Kollmann e Coté (1968) abordam em seu trabalho as estreitas relações entre estas propriedades e classificam os níveis de dureza das espécies de acordo com intervalos de densidade aparente.

Lahr et al. (2010) constatam a influência da densidade aparente na dureza paralela e normal às fibras para algumas espécies tropicais brasileiras, incluindo o jatobá. No mesmo estudo, a alta densidade calculada para esta espécie é correlacionada à sua dureza, facilitando a tomada de decisões a respeito da aplicação da madeira para fabricação de pisos e dormentes.

**Quadro 6.** Caracterização tecnológica da madeira de *Hymenaea courbaril* aos 17 e 24 anos

Propriedades Físicas			17 anos		24 anos	
1	Umidade (%)		10,25		10,02	
2	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )		0,72		0,70	
3	Estabilidade dimensional	Varição volumétrica $r_v$ (%)	8,02		10,46	
		Varição volumétrica $i_v$ (%)	8,77		12,01	
		Coeficiente de anisotropia $r_a$	1,53		1,17	
		Coeficiente de anisotropia $r_a$	1,56		1,16	
Propriedades Mecânicas			17 anos		24 anos	
4	Compressão paralela às fibras (MPa)		<b>CP</b>	<b>MOE</b>	<b>CP</b>	<b>MOE</b>
			54,43	5668,35	57,54	6340,99
5	Flexão estática (MPa)		<b>FLEX</b>	<b>MOE</b>	<b>FLEX</b>	<b>MOE</b>
			105,40	13328	117,17	14521
6	Dureza Janka (MPa)	Tangencial	104,18		106,50	
		Radial	102,59		104,46	

$r_v$ : retratibilidade;  $i_v$ : inchamento; CP: Compressão paralela; MOE: Módulo elasticidade; FLEX: Flexão

Para todas as propriedades avaliadas, não foram verificadas diferenças estatísticas. No entanto, não é possível concluir que a qualidade da madeira não é influenciada pela idade baseado apenas nos valores de  $p$  acima de 0,05. Para cada teste foram observados diferentes valores de “ $p$ ”, que não seguiam um padrão de proximidade, ou seja, as madeiras possuem escalas de semelhança para cada propriedade testada ou mesmo dentro de uma mesma propriedade, como as deformações nos planos nas análises de estabilidade dimensional; e as resistências à compressão, flexão, dureza e seus respectivos módulos elasticidade.

A partir dos resultados (Quadro 6), foi possível associar algumas espécies que podem ser potencialmente substituídas pelo jatobá nas idades estudadas, sendo a seleção realizada levando em consideração a proximidade dos valores das propriedades mecânicas.

No Quadro 8 são descritas 10 espécies caracterizadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - IPT (2003), classificadas como abundantes no mercado de madeiras.

De acordo com a pesquisa, é verificado que em muitos casos os resultados das propriedades mecânicas do jatobá até superam as das espécies selecionadas, com exceção dos valores do módulo elasticidade referente à compressão paralela às fibras. Assim, para usos em que este esforço seja muito requerido, a madeira dos plantios não é recomendável.

Ressalta-se também que para a utilização na construção civil pesada, são necessárias avaliações específicas, com metodologia adequada, que levem em consideração a qualidade do cerne e alburno. Portanto os resultados deste estudo não garantem o emprego da madeira de jatobá abaixo de 24 anos para fins estruturais.

**Quadro 7.** Caracterização tecnológica das espécies potencialmente substituíveis pelo jatobá com idade inferior a 24 anos

Espécies	Densidade básica (g/cm³)	Contração Volumétrica (%)	Compressão paralela (MPa)	MOE (MPa)	Flexão (MPa)	MOE (MPa)	Dureza Janka (N)	Usos
Peroba rosa ( <i>Aspidosperma polyneuron</i> )	0,66	13,1%	54,4	11739 (verde)	103,8	9248 (verde)	6776 (verde)	Tesouras, vigas, caibros, tábuas, tacos, parquetes, marcos de portas e janelas, venezianas, portas, móveis pesados, carteiras escolares, folhas faqueadas, vagões, carrocerias, peças torneadas, fôrmas para calçados, paletes e embalagens.
Cambará ( <i>Qualea</i> spp.)	0,54	15,1%	56,5	13700 (verde)	87,3	11023 (verde)	3864 (verde)	Ripas e partes secundárias de estruturas, forros, guarnições, cordões e rodapés, pontaletes, andaimes, fôrmas para concreto, móveis estândar, partes internas de móveis, compensados, embalagens e paletes.
Pinho do Paraná ( <i>Araucaria angustifolia</i> )	0,46	13,2	41,4	13514 (verde)	85,6	10719 (verde)	2687 (verde)	Ripas e partes secundárias de estruturas, rodapés, forros, lambris, pontaletes, andaimes, fôrmas para concreto, móveis estândar e partes internas de móveis, molduras, moldes, instrumentos musicais, cabos para vassouras, lápis, pás, palitos de dente, palitos de fósforo, compensados, laminados, brinquedos, embalagens leves, utensílios de cozinha, laterais de escadas extensíveis.
Amesclão ( <i>Trattinnickia burserifolia</i> )	0,44	11,8%	44,1	NI	76,3	9611	3099	Rodapés, forros, lambris, móveis estândar, partes internas de móveis, compensados, laminados, artigos de esporte, brinquedos, embalagens e caixas.
Cedrorana ( <i>Cedrelinga cateniformis</i> )	0,44	11,8	NI	NI	77,8	12847	3785	Portas, venezianas, guarnições, rodapés, fôrmas para concreto, móveis estândar, partes internas de móveis, laminados, compensados, embalagens e paletes.

Cedrinho ( <i>Erisma uncinatum</i> )	0,48	12,5	42,2	12101 (verde)	80,2	10395	3844 (verde)	Ripas, caibros, esquadrias, lambris, painéis, molduras, guarnições, forros, andaimes, fôrmas para concreto, pontaletes, móveis estândar, partes internas de móveis, laminados, compensados, embalagens e caixas.
Jacaréuba ( <i>Calophyllum brasiliense</i> )	0,52	16,9	48,5	12562 (verde)	80,4	9277 (verde)	4060	Ripas, partes secundárias de estruturas, móveis de alta qualidade, revestimento (lâmina) de móveis decorativos, folhas faqueadas decorativas, barris de vinho, montantes de escadas singelas e extensíveis e embalagens.
Quaruba ( <i>Vochysia spp.</i> )	0,49	12,1	5,7	NI	91,2	11180	5492	Ripas, partes secundárias de estruturas, cordões, guarnições, rodapés, forros, lambris, fôrmas de concreto, pontaletes, móveis estândar e partes internas de móveis, molduras, peças torneadas, embarcações, compensados, laminados, brinquedos, embalagens leves, palitos, bobinas e carretéis.
Louro vermelho ( <i>Nectandra rubra</i> )	0,64	15,9	49,5	16161 (verde)	93,9	10032 (verde)	3079	Batentes, esquadrias de portas e janelas, ripas e partes secundárias de estruturas, painéis, lambris, forros, móveis decorativos de alta qualidade, folhas faqueadas, compensados, objetos de adorno.
Pinus eliote ( <i>Pinus elliottii</i> )	0,42	10,5	31,5	8,846 (verde)	69,6	6463 (verde)	1932	Rodapés, forros, lambris, fôrmas para concreto, pontaletes, andaimes, móveis estândar, partes internas de móveis, móveis torneados (para exportação), cabos para vassouras, palitos de fósforo, compensados, laminados, torneados, brinquedos, embalagens, paletes, bobinas, carretéis, pincéis etc.

Algumas propriedades das madeiras selecionadas são citadas na condição verde  
NI= Não identificado,

## 6. CONCLUSÕES

- A equação  $\hat{V} = -0,362 + 0,028 \cdot d + 0,00769 \cdot h$  obteve o melhor ajuste para a estimativa do volume comercial com casca.
- O incremento médio do volume comercial estimado foi considerado baixo, 11,13 m<sup>3</sup>/ha/ano e 11,79 m<sup>3</sup>/ha/ano para as idades de 17 e 24 anos respectivamente.
- Para estimativa da biomassa aérea, a equação que obteve melhor ajuste foi:  
 $\ln(\widehat{Ms}) = -2,209 + 1,859 \cdot \ln(d) + 0,753 \cdot \ln(h)$  .
- A estimativa média para a biomassa aérea dos plantios foi de 207,71 Mg/ha e 280,41 Mg/ha nas idades de 17 e 24 anos respectivamente.
- Não se teve evidências da influência da idade na qualidade da madeira segundo as propriedades avaliadas.
- Os valores das propriedades mecânicas da madeira de jatobá aos 17 e 24 anos não são adequados para usos estruturais, no entanto podem ser potencialmente utilizados para confecção de produtos não sujeitos à grandes esforços de compressão paralela às fibras.



## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- Com a utilização de tratamentos silviculturais, os valores estimados para caracterização volumétrica e de biomassa dos plantios nas idades 17 e 24 anos podem ser potencialmente superados.
- Para o ajuste de modelos para a estimativa da biomassa aérea em cada idade separadamente, é recomendável a utilização de um maior número de árvores, visando garantir melhor precisão nos procedimentos de ajustes e equações específicas para os plantios.
- Mesmo não havendo diferença estatística entre as propriedades da madeira de cada plantio, a caracterização tecnológica desta espécie é fundamental para seu beneficiamento e enquadramento em determinados usos.
- Para uma análise mais precisa da qualidade da madeira, recomenda-se o planejamento de uma metodologia que especifique as amostras de cerne e alborno (e/ou transição) em árvores que não possuem cerne bem desenvolvido.
- A caracterização tecnológica pode ser utilizada como parâmetro para demais estudos relacionados à qualidade da madeira desta espécie, visto que as condições de clima, solo, e práticas silviculturais variam em cada região.

## 7. REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7190: Projeto estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. Estudo Setorial 2009 - Ano Base 2008. Curitiba: 2009.

ALMEIDA, D. H. et al. Caracterização completa da madeira da espécie amazônica Paricá (*Schizolobium amazonicum* HERB) em peças de dimensões estruturais. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.37, n.6, p.1175-1181, 2013.

ALMEIDA, V. C. Avaliação do potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente – EGP. Tese (Doutorado). Pós Graduação em Engenharia Florestal. Unuversidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2013.

ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. Floresta, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, set./dez. 2007.

AREVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. Metodologia para Estimar o Estoque de Carbono em Diferentes Sistemas de Uso da Terra. Embrapa Florestas, Colombo - PR, 2002.

ASSIS, T. F. Estratégias de melhoramento para a obtenção de madeira de qualidade para laminação e serraria. 2009.

Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br>.

Acesso em: 17/04/2016

ASSIS, M. R.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; PROTASIO, T. P.; GOULART, S. L. Modelagem da biomassa e do estoque de carbono em plantas jovens de *Eucalyptus*. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 225-233, 2015.

ASTM, American society for testing and materials. Standard methods of testing small clear specimens of timber : ASTM D 143-94. Philadelphia, 2000. 31p.

ATAYDE, C. M. Parâmetros anatômicos e tecnológicos de três espécies do gênero *Hymenaea* L. Em estado nativo e cultivado na Amazônia Central. Dissertação (Mestrado).

Programa de Pós Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais. Área de concentração: Botânica. Universidade do Amazonas/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, 2000.

AZEVEDO, C. P.; MUROYA, K.; GARCIA, L. C.; LIMA, R. M. B.; MOURA, J. B.; NEVES, E. J. M. Relação hipsométrica para quatro espécies florestais em Plantio homogêneo e em diferentes idades na Amazônia Ocidental. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 39, p.5-29, jul./dez. 1999.

BASTOS, R. P. Plantios de *Hymenaea courbaril* L. em área alterada na região de Manaus: Influência dos fatores de sítios do solo nos estoques de biomassa, nutrientes e na fotossíntese. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Ciências de Florestas Tropicais. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus-AM, 2011.

BENTES-GAMA, M. M.; PEREIRA, N. S.; CAPELASSO, P. H. S.; SALMAN, A. K. D.; VIEIRA, A. H. Espécies arbóreas nativas com potencial para recuperação de paisagens alteradas em Rondônia. Porto Velho-RO. Embrapa Rondônia, 2008.

Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/24814/1/doc128-especies-arboreas.pdf>.

Acesso: 13/05/2015

BUAINAIN, A. M. e BATALHA, M. O. Cadeia produtiva de madeira / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - Brasília : IICA : MAPA/SPA, 2007.

BRAZ, R. L. et al. Curva Característica de Secagem da Madeira de *Tectona grandis* e *Acacia mangium* ao Ar Livre. Floresta e Ambiente, Vol. 22, nº1 Seropédica, 2015.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SANTOS, E. M.; TEDESCO, N.; PEREIRA, J. C. Acúmulo de biomassa aérea em um povoamento de *Acacia mearnsii*. Bol. Pesq. Fl., Colombo, n. 42, jan/jun. 2001, p. 95-104.

Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/15604/1/caldeira.pdf>. Acesso: 25/05/2015.

CAMPOS, O. J. Cubagem de árvores. Dissertação (Mestrado). Programa de Mestrado Profissional em Matemática. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2014.

CASTRO, R. V. O.; SOARES, C. P. B., MARTINS, F. B. e LEITE H. G. Crescimento e produção de plantios comerciais de eucalipto estimados por duas categorias de modelos. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.48, n.3, p.287-295, mar. 2013.

CASTRO, J. P. Análise química e física de madeiras amazônicas visando o armazenamento de bebida destilada. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira. Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG, 2012.

CARPANEZZI, A. A. e MARQUES, L. C. T. Germinação de sementes de Jutaí-açu (*Hymenaea courbaril* L.) e de Jutai-mirim (*H. parvifolia* Huber] escarificadas com ácido sulfúrico comercial. Circular Técnica nº 19. Belém, EMBRAPA-CPAT, 1981.

CHRISTO, J. C.; DIAS, A. N.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MENON, F. V. Modelagem e crescimento de *Tectona grandis* Linn F. no município de Alta Floresta – MT a partir de ANATRO (análise de tronco) completa. In: Congresso Florestal Paranaense, 4, 2012, Curitiba – PR. Anais. Curitiba: UFPR, 2012.

CIFLORESTAS. Espécies nativas da Mata Atlântica, Nº 2, 2011.

Disponível em: [http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/d\\_b\\_b\\_4835.pdf](http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/d_b_b_4835.pdf).

Acesso: 23/05/2014.

CONCEIÇÃO, M. B. Comparação de métodos de estimativa de volume em diferentes idades em plantações de *Eucalyptus grandis* HILL EX – MAIDEN. Dissertação. Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2004.

COSTA, W. S.; SOUZA, A. L.; SOUZA, P. B. Ecologia, Manejo, Silvicultura e tecnologia de espécies nativas da Mata Atlântica. *Hymenaea courbaril* L. Espécies Nativas da Mata Atlântica, Nº 2, Viçosa-MG, 2011.

Disponível em: [http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/d\\_b\\_b\\_4835.pdf](http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/d_b_b_4835.pdf)

Acesso:14/05/2015

DELUCIS, R. A.; STANGERLIN, D. M.; TREVISAN, R.; BELTRAME, R.; PERES, M. L. Dureza Janka da madeira de duas folhosas. In: III Simpósio de Ciência e Tecnologia do Estado do RJ, 2013, p. 120-121.

DIAS, F. M. e LAHR, F. A. R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. Revista Scientia Forestalis. n. 65, p. 102-113, jun. 2004.

DONATO, D. B. Métodos de amostragem e de determinação do teor de umidade da Madeira em tora. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2013.

DIXON, R. K. Sistemas agroforestales y gases de invernadero. Agroforesteria en las Américas , v. 2, n. 7, p. 22-26, jul./set. 1995.

ELEOTÉRIO, J. R. e SILVA, C. M. K. Comparação de programas de secagem para Cumaru (*Dipteryx odorata*), Jatobá (*Hymenaea spp*) e Muiracatiara (*Astronium lecointei*) obtidos por diferentes métodos. Scientia Forestalis, volume 40, n. 96, p.537-545, dezembro de 2012.

EVANS, J. W., SENFT, J. F., GREEN, D. W. Juvenile wood effect in red alder: analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones. Forest Products Journal, v.50, n.7/8, p.75-87, 2000.

FAO. Desflorestação: indicadores de Pressão situação resposta. 2009.

Disponível em: <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/pt/lead/toolbox/Grazing/DeforeEA.htm>.

Acesso: 22/04/2015

FAO. Global Forest Resources Assessment 2010. Roma, 2010.

Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>.

Acesso: 24/04/2015

FAO. States of the World's Forests. Roma, 2012.

Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/016/i3010e/i3010e.pdf>.

Acesso: 22/04/2015

FARIAS, D. C.; MARIO EDUARDO, R. M.; MATA, C.; DUARTE, M. E. M.; LIMA, A. K. V. O. Qualidade fisiológica de sementes de jatobá submetidas a diferentes temperaturas criogênicas. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 67-74, 2006.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. Acta Amazônica, 2006, vol.36, n.3, p.395-400.

FEARNSIDE, P.M. 1997. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 90: 59-87.

FEREZ, A. P. C. Efeito de práticas silviculturais sobre as taxas iniciais de sequestro de carbono em plantios de restauração da Mata Atlântica. Dissertação (Mestrado). Área de concentração: Recursos Florestais. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP, 2010.

FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 14 anos. IPEF n.4, p.65-89, 1972.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de povoamentos não desbastados de *Tectona grandis* L. f., na microrregião do baixo Rio Acre. *Revista Cerne*, Lavras, v. 11, n. 4, p. 342-353, out./dez. 2005.

FINGER, F. A.; FINGER, Z.; LOGSDON, N. B. Qualificação da madeira de Teca, *Tectona grandis* L. f. oriunda do primeiro desbaste comercial, com vistas a seu aproveitamento. *Madeira: Arquitetura e Engenharia*, ano 4, n.10, jan/abril, 2003.

FOELKEL, C. E.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. IPEF n.2/3, p.65-74, 1971.

FOELKEL, C.; MORA, E.; MENOCELLI, S. Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para a produção de celulose. 6º Congresso Brasileiro Florestal, Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Silvicultura. p. 719-728, 1990.

FRANÇA, F. J. N. Propriedades da madeira de eucalipto para a produção de madeira serrada. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro-ES, 2014.

GALVÃO, A. P. M. Estimativas da umidade de equilíbrio da madeira em Diferentes cidades do Brasil. IPEF n.11, p.53-65, 1975.

GIRARD, E. A. Volume, biomassa e rendimento de óleos essenciais do Craveiro (*Pimenta*

*pseudocaryophyllus* (Gomes) Landrum) em Floresta Ombrófila Mista. Dissertação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR. 2005.

GONÇALEZ, J. C.; BREDÁ, L. C. S.; BARROS, J. F. M.; MACEDO, D. G.; JANIN, G.; DA COSTA, A. F.; DO VALE, A. T. Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 16, p. 329 - 341, 2006.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; DELLA LUCIA, R. M.; SARTÓRIO, R. C. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 33, n.3, p.501-509, 2009.

HIGA, A. R.; KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *P. elliotii* var. *elliotii* e *P. taeda*. IPEF n.7, p.79-91, 1973.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. RIBEIRO, R.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da Floresta Tropical Úmida de Terra Firme da Amazônia brasileira. Acta Amazônica, 153-166, 1998.

HIGUCHI, N. e CARVALHO JÚNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: Seminário emissão x seqüestro de CO<sub>2</sub> – uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, 1994. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce. p. 125-145.

IPT - Instituto de pesquisas tecnológicas do Estado de São Paulo. Madeira: uso sustentável na construção civil . São Paulo: IPT, 2003 (Publicação IPT: 2980). 60p.

JANKOWSKY, I. P. e GALINA, I. C. M. Secagem de madeiras. Curso Técnico. Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira. 2013.

Disponível em: [http://www.pimads.org/documento\\_atividades/Apostila%20-%20Secagem%20de%20Madeiras..pdf](http://www.pimads.org/documento_atividades/Apostila%20-%20Secagem%20de%20Madeiras..pdf)

Acesso:18/05/2016.

JANKOWSKY, I. P. Madeira juvenil formação e aproveitamento industrial. Circular Técnica. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF, 1979.

JUVENAL, T. L. e MATTOS, R. L. G. O setor florestal no Brasil e a importância do

reflorestamento. Rio de Janeiro: Revista BNDES Setorial, n. 16, p. 3-30, 2002.

KLITZKE, R. J.; SAVIOLI, D. L.; MUNIZ, G. I. B.; BATISTA, D. C. Caracterização dos lenhos de cerne, alburno e transição de jatobá (*Hymenaea* sp.) visando ao agrupamento para fins de secagem convencional. Revista Scientia. Forestalis, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 279-284, dez. 2008.

KLOCK, U. Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal - Ciências Florestais. Curitiba-PR, 2000.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ JR, W. A. Principles of wood science and technology: solid wood. Berlin: Springer-Verlag, 1968. v. 1, 592 p.

LACERDA, A. E. B.; KANASHIRO, M.; SEBBEN, A. M. Long-pollen Movement and Deviation of Random Mating in a Low-density Continuous Population of a Tropical Tree *Hymenaea courbaril* in the Brazilian Amazon. Biotropica, v. 40, n. 4, p. 462-470, 2008.

LAHR, F. A. R.; CHAHUD, E. FERNANDES, R. A.; TEIXEIRA, R. S. Influência da densidade na dureza paralela e na dureza normal às fibras para algumas espécies tropicais brasileiras. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 153-158, jun. 2010.

LAHR, F. A. R.; CHRISTOFORO, A. L.; SILVA, C. E. G.; ANDRADE JR, J. R.; PINHEIRO, R. V. Avaliação de propriedades físicas e mecânicas de madeiras de Jatobá (*Hymenaea stilbocarpa* Hayne) com diferentes teores de umidade e extraídas de regiões distintas. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.40, n.1, p.147-154, 2016.

LARSON, R. e FARBER, B. Estatística aplicada. 4. ed. São Paulo: Pearson Hall, 2010.

LAVORANTI, O. J. Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da Reamostragem "Bootstrap" no modelo AMMI. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.

LEE, Y.T. e LANGENHEIM, J.H. (1974) Additional new taxa and new combinations in *Hymenaea* (Leguminosae, Caesalpinioideae). Journal of the Arnold Arboretum 55: 441-452.



LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; MOREIRA, A. M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus Taeda* L. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.603-612, 2006.

LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Variation in wood density and mechanical properties in Eucalyptus clones. *In: The future of eucalypts for wood products*. 2000. Launceston: IUFRO. 2000, p. 282-291.

LIMA, R. M. B. Estimativa da biomassa aérea de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl.) em plantios homogêneos no Estado do Amazonas. Anais do seminário produtividade agropecuária e benefícios socioambientais das pesquisas da Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus-AM, 2011.

LIMA, R. M. B. Silvicultura de Florestas Plantadas na Amazônia. Anais/Encarte técnico-científico do workshop sobre gestão da conservação florestal e ambiental na Amazônia, 2012.

LOETSCH, F.; HALLER, K. E. Forest inventory. München: BLV 1973. v. 1. 436 p.

LOGSDON, N. B.; FINGER, Z.; PENNA, E. S. Caracterização físico-mecânica da madeira de Cedro-marinho, *Guarea trichilioides* L. (Meliaceae). *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 43-51, 2008.

LOGSDON, N.B. Influência da umidade nas propriedades de resistência e rigidez da madeira. Tese. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 1998.

LOPES, M. M.; CASTELO BRANCO, V.T. F.; SOARES, J. B. Utilização dos testes estatísticos de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk para verificação da normalidade para materiais de pavimentação. *Revista Transportes*. v. 21, n. 1. p. 59-66, 2013.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 2. 2002.

MACHADO, S. do A. e FILHO, A. F. Dendrometria. Curitiba, 2003. 309 p.

MACHADO, S. A.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEIREDO, D. J. Modelagem do volume

individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. Revista Ciências Exatas e Naturais. Curitiba, vol. 4, n. 2, 2002.

MAINARDI, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Produção de *Pinus taeda* L. na Região de Cambará do Sul, RS. Ciência Florestal, Santa Maria, v.6, n.1, p.39-52. 1996.

MARCIANO, F. W. P. Principais tipos de resíduos utilizados na análise de diagnóstico em MLG com aplicações para os modelos: Poisson, ZIP e ZINB. Relatório de atividades. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação. Universidade Federal do Ceará. Departamento de Estatística e Matemática aplicada. Fortaleza-CE, 2009.

MARTINS, T. F. R. M. Dimensionamento de Estruturas em Madeira - Coberturas e Pavimentos. Dissertação (Mestrado). Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. San Diego, Academic Press Inc.. 1997. 889p.

MIRANDA, D. L. C.; JUNIOR, V. B.; GOUVEIA, D. M. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. Scientia Plena v. 11, n. 3, 2015.

Disponível em: [www.scientiaplena.org.br](http://www.scientiaplena.org.br)

Acesso:02/06/2016

MORA, A. L.; BARRICHELO, L. E. G.; MIGLIORINI, A. J.; SANSIGOLO, C. A. Variação genética para densidade da madeira em progênies de *E. grandis*. In. Congresso Florestal Brasileiro, 4., 1982. Belo Horizonte-MG. Anais. São Paulo: SBS, 1983. p. 318-324.

MORALES, E. A. M. Determinação do módulo elasticidade da madeira: Proposta para simplificação de procedimentos metodológicos. Dissertação. Universidade de São Paulo. Área Interunidades em Ciências e Engenharia de Materiais. São Carlos-SP, 2002.

MOURA, J. B. Estudo da forma do fuste e comparação de métodos de estimativa volumétrica de espécies florestais da Amazônia brasileira. 1994. 114 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

OLIVEIRA, H. A.; VAREJÃO, M. J. C. CRUZ, I. A. Determinação de constituintes químicos e

extrativos das Madeiras de espécies florestais amazônicas. II Congresso de Iniciação Científica PIBIC/CNPq - PAIC/FAPEAM, Manaus 2013.

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

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.29, n. 1, p. 115-127, 2005.

OLIVEIRA, W. L.; MEDEIROS, M. B.; MOSER, P.; PINHEIRO, R.; OLSEN, L. B. Regeneração e estrutura populacional de jatobá-da-mata (*Hymenaea courbaril* L.) em dois fragmentos com diferentes graus de perturbação antrópica. Acta Botânica Brasilica, Porto Alegre, v. 25, n. 4, p. 876-884, 2011.

PINTO, M. L. Propriedades e características da madeira de teca (*Tectona grandis*) em função da idade. Tese (Doutorado). Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2007.

PEREIRA, D., SANTOS, D., VEDOVETO, M., GUIMARÃES, J., VERÍSSIMO, A. Fatos florestais da Amazônia - 2010. Belém: IMAZON, 2010.

Disponível em: <http://imazon.org.br/fatos-florestais-da-amazonia-2010/>

Acesso: 13/04/2015.

PONTE FILHO, J. L. D.; OLIVEIRA, F. L.; LIMA, I. L.; GARCIA, J. N. Influência da idade em propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal. n. 3. 2004.

Disponível em: [http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/uexsHYOMIb6xxEo\\_2013-4-24-15-25-3.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/uexsHYOMIb6xxEo_2013-4-24-15-25-3.pdf)

Acesso: 10/06/2016

RAMOS, S. I. N. Caracterização das propriedades mecânicas e durabilidade biológica da madeira de *Quercus faginea*. Dissertação (Mestrado). Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2009.

RAMOS, M. Comparação de métodos para estimar o volume comercial em floresta ombrófila densa no estado do Amazonas. Dissertação (Mestrado). Área de concentração em Manejo

Sustentável dos Recursos Florestais. Universidade Estadual do Centro-Oeste. Irati - PR, 2012.

REMADE. Revista da madeira. Eucalipto tratado é promissor para a habitação. Edição nº82, julho de 2004.

Disponível em: <http://www.remade.com.br>

Acesso: 17/06/2016

REZENDE, M. A.; SAGLIETTI, J. R. C.; GUERRINI, I. A. Estudos das interrelações entre massa específica, retratibilidade e umidade da madeira do *Pinus caribaea* var *hondurensis* aos 8 anos de idade. Trabalho de Pesquisa, IPEF n.48/49, p. 133/141, jan./dez. 1995.

Disponível em: <http://ipef.br/publicacoes/scientia/nr48-49/cap14.pdf>.

Acesso:18/05/2015

RIBEIRO, R. B. S.; GAMA, J. R. V.; MELO, L. O. Seccionamento para cubagem e escolha de equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. Revista Cerne, vol. 20, no. 4 Lavras - MG, 2014.

RIBEIRO, P. C. M. Análise de covariância intrablocos de delineamentos em blocos incompletos parcialmente balanceados com duas classes de associados e P variáveis auxiliares. Dissertação (Mestrado). Curso de Agronomia. Área de concentração: Estatística experimental agropecuária. Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2006.

ROCHA, J. S.; DE PAULA, E. V. C. M.; SIQUEIRA, M. L. Flexão estática em amostras livres de defeitos. Acta Amazônica, 18 (1-2). p. 147-162, Manaus-AM, 1988.

ROSSI, L. M. B.; SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P. Crescimento inicial de espécies florestais em plantios experimentais na Amazônia Central. Congresso Florestal Estadual do Rio Grande do Sul, 9., 2003, Nova Prata, RS. Floresta: Função Social: anais. Nova Prata, 2003.

SALES, A. Proposição de classes de resistência para madeira. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, 1996.

SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R. et al. As florestas e o carbono. Curitiba: Universidade Federal de Paraná, 2002. p.119-

SANQUETTA, C. R., BEHLING, A., CORTE, A. P. D., SIMON, A., PSCHIEDT, H., RUZA, M. e MOCHIUTTI, S. Estoques de biomassa e carbono em povoamentos de acácia negra em diferentes idades no Rio Grande do Sul. *Scientia. Forestalis*, Piracicaba, v. 42, n. 103, p. 361-370, set. 2014.

SANQUETTA, M. N. I.; COUTINHO, V. M.; BEHLING, A.; CORTE, A. P. D.; SANQUETA, C. R. O uso de modelos alométricos tradicionais na estimativa do peso seco aéreo individual para acácia negra. *Enciclopédia Biosfera. Centro Científico Conhecer. Goiânia-GO*, v.13 n.23; p. 2016.

SANTANA, R. C., BARROS, N. F., LEITE, H. G., COMERFORD, N. B., NOVAIS, R. F. Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. *Revista Árvore*, vol.32 n.4, Viçosa Jul/Ago. 2008.

SANTANA, O. A. e ENCINAS, J. I. Equações volumétricas para uma plantação de *Eucalyptus urophylla* destinada a produção de lenha. In: 3º Simpósio Latino Americano sobre Manejo Florestal. *Anais. Santa Maria: UFSM/PPGEF*, 2004. p. 107-111.

SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. *Ciência Florestal*, v.10, n.1, p.85-93. Santa Maria-RS, 2000.

SANTOS, J. Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia brasileira. Tese (doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 121,p, 1996.

SCANAVACA JR, L. e GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 65, p. 120 - 129, 2004.

SCHONINGER, E. C. e ZINELLI, M. R. Análise qualitativa dos carvões de *Apuleia leiocarpa* e *Hymenaea courbaril* produzidos numa carvoaria de Matupá, no Estado de Mato Grosso. *Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta-MT*, v.10, n.2, p.135-140, 2012.

SERVOLO FILHO, H. J. Propriedades mecânicas da madeira de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*-RRIM600 E GT1) analisadas em duas épocas do seu ciclo fenológico anual. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Programa de Pós Graduação em Recursos Florestais. Piracicaba-SP, 2013.

SETTE JR, C. R.; GEROMINI, M. P.; NAKAJIMA, N. Y. Quantificação de biomassa do tronco de *Pinus taeda* em plantios com diferentes idades na região de Rio Negrinho-SC. Biomassa & Energia , v. 1, n. 4, p. 343-346, 2004.

SFB. Brasil com Florestas. Oportunidades para o desenvolvimento de uma economia florestal e a reestruturação necessária do setor, Doc. Brasília, 2012.

SFB. Panorama Econômico do Setor Florestal. Doc. Brasília, 2014.

SFB. Florestas do Brasil em resumo - 2013: dados de 2007-2012. Doc. Brasília, 2013.

SHANLEY, P. e MEDINA, G. Frutíferas e plantas úteis na vida da Amazônica. Belém: CIFOR, Imazon, 2005.

Disponível em: <http://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/livros/rutiferas-e-plantas-uteis-na-vida-amazonica.pdf>. Acesso: 13/05/2015

SHIMOYAMA, V. R. Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* sp. 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.

SILVA FILHO, D. F.; ROCHA, J. S.; MOURA, J. B. Influência da densidade na dureza Janka em oito espécies madeireiras da Amazônia Central. Acta Amazônica, vol. 22. n. 2. p. 275 - 283, Manaus, 1992.

SILVA, A. S.; BARBOSA, A. P. AZEVEDO, C. P.; UROYA, K. Estimativa da biomassa seca do tronco do Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) plantado em dois tipos de ambientes na Amazônia Central. III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. Manaus: Embrapa Amazonia Ocidental, 2000.

SILVA, J. C. e OLIVEIRA, J. T. S. Avaliação das propriedades higroscópicas da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm., em diferentes condições de umidade relativa do ar. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.27, n.2, p.233-239, 2003.

SILVA, R. P. Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM). Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA/UFAM), Manaus-AM. 152 pp, 2007.

SILVA, C. C. Potencial de espécies nativas para a produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Recursos Florestais. Área: Conservação de Ecossistemas Florestais. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP, 2013.

SILVA, C. A.; KLAUBERG, C.; CARVALHO, S. P. C.; PICCOLO, M. C.; RODRIGUEZ, L. C. E. Estoque de carbono na biomassa aérea florestal em plantações comerciais de *Eucalyptus* spp. Scientia Forestalis, volume 43, n. 105 p.135-146, 2015.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G. Modelos para estimar a biomassa da parte aérea em um povoamento de *Eucalyptus grandis* na Região de Viçosa, Minas Gerais. Revista Árvore. Viçosa-MG, v. 20, n. 02, p. 179-189, 1996.

SORIANO, J.; GONÇALVES, R.; BERTOLDO, C. TRINCA, A. J. Aplicações do método de ensaio esclerométrico em peças de *Eucalyptus saligna*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. vol.15. n.3 Campina Grande, 2011.

SOUZA, C. R.; LIMA, R. M. B.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 7-14, 2008.

SOUZA, E. C. Análise de influência local no modelo de regressão logística. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Área de concentração: Estatística e Experimentação Agrônômica. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP, 2006.

STANGERLIN, D. M.; MELO, R. R.; DOMINGUES, J. M. X.; TREVISAN, R.; GATTO, D. A.; MULLER, M. T.; CALEGARI, L. Determinação da resistência ao impacto para as madeiras de *Eucalyptus dunnii*, *Corymbia citriodora* e *Pouteria pachycarpa*. In: Encontro Brasileiro em Madeira e Estruturas de Madeira. Anais. Londrina, 2008.

TADANO, Y. S.; UGAYA, C. M. L.; FRANCO, A. T. Método de regressão de Poisson: Metodologia para avaliação do impacto da poluição da atmosfera na saúde populacional. Ambiente e Sociedade. Campinas. v. XII, n. 2, p. 241-255, 2009.

TEIXEIRA, C. R.; CASANOVA, C. A. M.; FERREIRA FILHO, D.; FERNANDES, J. A.; BALZARETTI, N. M. Influência da anisotropia da madeira no desgaste das ferramentas diamantadas. 6º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação. Caxias do Sul-RS. 2011.

THOMAS, C.; ANDRADE, C. M., SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. Ciência Florestal, v. 16, n. 3, 2006.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SÁ, S. P. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no estado de Roraima - andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb) e jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). Revista Acta Amazônica. vol.35 n. 3. Manaus-AM, 2005.

TRUGILHO, P. F. e VITAL, B. R. Correlação entre algumas características físicas, químicas e anatômicas e a variação dimensional da madeira de eucalipto. Revista Árvore, Viçosa - MG, v.20, n.4, p.515-533, 1996.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. Cerne, v.2, n.1, p.94-111, 1996.

UNEP. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication, 2011.

Disponível em: [www.unep.org/greeneconomy](http://www.unep.org/greeneconomy).

Acesso: 25/04/2015

VALE, A. T.; SARMENTO, T. R. e ALMEIDA, A. N. Caracterização e Uso de Madeiras de



Galhos de Árvores Provenientes da Arborização de Brasília - DF. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 411-420, 2005.

VALVERDE, S. R., REZENDE, J. L., SILVA, M. L., JACOVINE, L. A. G., CARVALHO, R. M. M. A. Efeitos multiplicadores da economia florestal brasileira. Revista Árvore, v.27, n.3, p.285-293, 2003.

WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R.; CALDEIRA, M. V. W. Estoque de carbono orgânico e biomassa em *Pinus taeda* L. Biomassa & Energia , v. 2, n. 1, p. 7-17, 2005.

ZUBA JUNIOR, G. R.; SAMPAIO, R. A.; PEREIRA, C. M.; PRATES, F. B. S.; FERNANDES, L. A.; ALVARENGA, I. C. A. Crescimento do jatobá e de leguminosas arbóreas em diferentes espaçamentos, em área degradada. Revista Caatinga, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 63-68, 2010.