

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

ALEXA BARGLINI DE MELO

MADEIRA DE GALHOS DE ÁRVORES DE *Swietenia macrophylla* DE
PLANTAÇÃO COMERCIAL

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2019

ALEXA BARGLINI DE MELO

MADEIRA DE GALHOS DE ÁRVORES DE *Swietenia macrophylla* DE
PLANTAÇÃO COMERCIAL

Monografia apresentada ao
Departamento de Ciências Florestais
e da Madeira da Universidade
Federal do Espírito Santo, como
requisito parcial para obtenção do
título de Engenheira Industrial
Madeireira.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2019

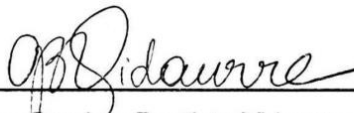
ALEXA BARGLINI DE MELO

MADEIRA DE GALHOS DE ÁRVORES DE *Swietenia macrophylla* DE PLANTAÇÃO
COMERCIAL

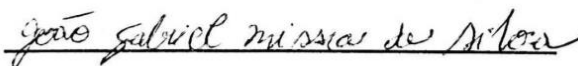
Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e Madeira da
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheira Industrial Madeireira.

Aprovada em 28 de junho de 2019.

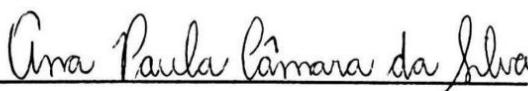
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof.^a D.Sc. Graziela Baptista Vidaurre
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora



D.Sc. João Gabriel Missia da Silva
Universidade Federal do Espírito Santo
Conselheiro



M.Sc. Ana Paula Câmara
Universidade Federal do Espírito Santo



M.Sc. Sofia Maria Gonçalves Rocha
Universidade Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, força e sabedoria para superar às as dificuldades.

Aos meus pais Paulo Cesar Melo e Maria Angela Barglini, e minha irmã Daiani Barglini de Melo, pelo amor, conselhos, e confiança.

À minha família por sempre acreditarem em mim.

À professora Graziela Baptista Vidaurre, pela orientação, amizade, ensinamentos e incentivo.

Ao João Gabriel Missia da Silva, pela ajuda, conselhos, amizade e por todos os ensinamentos ao longo da graduação.

Ao técnico de marcenaria Elecy, pela ajuda e paciência na elaboração dos corpos de prova e ao técnico de laboratório José Geraldo, pela ajuda com os ensaios mecânicos.

Ao Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira - NUQMAD da UFES, por me proporcionar conhecimento, experiência e amigos.

Ao Adriano Neves, por ter sido um grande amigo, me aconselhado, participado de todas as minhas conquistas e me incentivado em todos os momentos.

Aos colegas e amigos que fizeram parte dessa caminhada e deixaram-na muito mais alegre e prazerosa, obrigada por todos os momentos, sorrisos e choros que passamos juntos.

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, pela infraestrutura e laboratórios para realização deste trabalho e por minha formação acadêmica.

À empresa Celeiro Floresta Criativa, pela disponibilidade do material para realização desta pesquisa.

Agradeço a todos os professores que participaram da minha formação.

Aos membros da banca examinadora.

RESUMO

O mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) é uma madeira valorizada no mercado nacional e internacional, pelas suas propriedades físicas e mecânicas e por sua beleza. Com a restrição ao corte da espécie em florestas nativas, as plantações são uma alternativa para suprir a demanda de madeira desta espécie. Contudo, a maior dificuldade é o ataque da *Hypsipyla grandella*, que provoca bifurcação das árvores e altera as dimensões comerciais das toras. Isto aumenta o volume de resíduos gerados durante a colheita florestal. Neste contexto, tem-se por objetivo avaliar as propriedades físico-mecânicas da madeira de galhos e compará-las as do fuste de árvores de mogno brasileiro. Foram amostradas sete árvores da espécie em plantação comercial localizada em Luziânia - GO, aos 16 anos de idade. Foram avaliados o deslocamento da medula, a colorimetria, a densidade básica e estabilidade dimensional, a resistência à compressão axial e ao cisalhamento e os módulos de elasticidade e de ruptura no ensaio de flexão estática da madeira. A classe diamétrica dos galhos não influenciou as propriedades físicas da madeira. A média geral obtida para o deslocamento da medula dos galhos de mogno brasileiro foi de 0,68 cm. A cor da madeira de galhos foi classificada como cinza rosado, sendo a cor da madeira do fuste rosa acinzentado de acordo com a literatura. Nos valores médios das propriedades da madeira dos galhos quando comparados ao fuste, houve diferença de 5,97% na densidade, 0,71% na contração e 0,77% no inchamento radial, 1,60% no inchamento volumétrico e 34,52% na resistência ao cisalhamento, sendo maiores nos galhos. No fator anisotrópico houve diferença de 14,49% com média superior no fuste. A partir dos resultados pode-se concluir que no deslocamento da medula e na colorimetria não houve alteração com as classes diamétricas. A densidade básica, contração e inchamento radial, inchamento volumétrico e resistência ao cisalhamento foram maiores na madeira dos galhos, quando comparada a do fuste.

Palavras-chave: Mogno brasileiro. Madeira de galhos. Resíduos florestais. Qualidade da madeira.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Problema e sua importância	2
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo geral	2
1.2.2 Objetivo específico	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 A espécie <i>Swietenia macrophylla</i>	4
2.2 Resíduos florestais	5
2.3 Propriedade da madeira de galhos das árvores.....	6
3 METODOLOGIA	8
3.1 Amostragem e coleta do material	8
3.2 Deslocamento da medula e propriedades físicas da madeira	10
3.3 Colorimetria da madeira	11
3.4 Propriedades mecânicas da madeira	11
3.5 Análises estatísticas	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4.1 Deslocamento de medula dos galhos.....	13
4.2 Cor da madeira de galhos.....	13
4.3 Propriedades físicas da madeira.....	14
4.4 Propriedades mecânicas da madeira.....	17
5 CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

O mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King.) é conhecido mundialmente e possui grande importância econômica pelas características inerentes da madeira, como fácil trabalhabilidade, alta estabilidade dimensional e boa durabilidade (ARÉVALO, 2002). Apesar de possuir alto valor econômico, durante a colheita, a copa das árvores não é aproveitada de forma eficiente, o que também ocorre para outras espécies. Os galhos e os ponteiros das árvores que são deixados no campo como resíduos, representam cerca de 20% da madeira existente na floresta (BRITO, 1996). Essa quantidade de resíduos podem ocasionar problemas como a presença de animais e o risco de incêndios.

A falta de valor agregado de forma eficiente a este material dificulta o desenvolvimento de uma nova cadeia de produção, visto que a quantidade de resíduos florestais gerados em campo é considerável (BRAZ et al., 2014). Outro ponto importante é que a maioria dos estudos realizados e publicados na literatura são relacionados ao aproveitamento de resíduos gerados na etapa do desdobro da madeira, ou seja, nas indústrias e não estão voltados para os resíduos gerados em campo (PONTES et al., 2012).

O mogno brasileiro é uma madeira nobre de boas propriedades físico-mecânicas, porém, devido a bifurcação do fuste grande parte de sua altura comercial é perdida. Geralmente seus galhos são utilizados para geração de energia ou são deixados em campo como resíduos florestais, enquanto poderiam ser utilizados de forma mais eficiente aproveitando melhor o material e o investimento aplicado na plantação.

Com as mudanças no mercado econômico mundial, faz-se necessário investir em formas de produzir mais, com o mínimo de custos agregados ao produto (SATO et al., 2014). Isto ocorrerá com avanços na geração de informações sobre a utilização dos resíduos florestais e qualidade destes materiais, sendo possível identificar a viabilidade do beneficiamento dos galhos como subproduto madeireiro, diminuindo a quantidade de resíduos florestais e aumentando o aproveitamento e a eficiência do uso da madeira.

A avaliação do potencial uso tecnológico da madeira de galho se procede a partir da análise de suas propriedades físico-mecânicas, as quais são importantes

para definir de forma adequada a aplicação da madeira às diversas possibilidades de uso, principalmente aquelas que requerem maior resistência (ARAÚJO, 2007). Entre essas propriedades, o parâmetro mais relevante para seu uso é a densidade básica, visto que sua variação apresenta relação com outras propriedades da madeira, como a influência direta nas propriedades mecânicas (BATISTA et al., (2010); LOBÃO et al., (2004)).

1.1 Problema e sua importância

O maior desafio para as plantações comerciais de mogno brasileiro é a bifurcação do fuste devido ao ataque da *Hypsipyla grandella*, que causa alterações no desenvolvimento das árvores, com a diminuição das dimensões comerciais. Estudos recentes em plantações comerciais de mogno no Brasil, como de Reboleto (2016) e Minini (2016), demonstraram que para árvores com altura total de 15 m, a bifurcação do fuste ou ponto de definição da altura comercial, ocorreu em 6,6 m aos 16 anos de idade. Ou seja, mais de 50% da dimensão total é ocupada pela copa da árvore.

Tendo em vista que grande parte dos resíduos da indústria madeireira é gerada durante a colheita florestal, o maior comprimento das copas das árvores de *Swietenia macrophylla* poderá aumentar o volume de resíduos deixados no campo, com impactos negativos ao meio ambiente e à rentabilidade dos investimentos. Diante desta problemática, surge a necessidade de conhecer as propriedades da madeira dos galhos comparadas as do fuste, que geralmente possui alto valor comercial.

O conhecimento dessas características da madeira de galho podem viabilizar a introdução desses resíduos no mercado, contribuindo para a sustentabilidade e viabilidade econômica da plantação

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar as propriedades físico-mecânicas e organoléptica da madeira de galhos e compará-las as da madeira do fuste das árvores de *Swietenia macrophylla*.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o deslocamento da medula e os parâmetros colorimétricos da madeira dos galhos; e
- A densidade básica, a estabilidade dimensional, a resistência à compressão axial e ao cisalhamento e os módulos de elasticidade e de ruptura à flexão estática da madeira de galhos e do fuste.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A espécie *Swietenia macrophylla*

O mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King.), família Meliaceae, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA (2005) tem extensa área de distribuição geográfica de forma natural, com ocorrência entre o México à Costa Rica. No Brasil, a espécie pode ser encontrada no Pará, Maranhão, Tocantins, Mato Grosso, Rondônia, Acre e Amazonas, bem como em florestas plantadas, nos estados de Minas Gerais, Goiás e outros. O alto valor comercial da madeira de mogno, fez com que a extração, durante décadas, tivesse grande impacto em toda a sua extensão natural, desde o México até o Brasil (SANTOS et al., 2008).

As árvores de mogno brasileiro possuem uma altura média entre 25 a 30 metros e diâmetro médio de 50 a 80 centímetros (LORENZI, 1995; SHARMIN et al., 2015). A espécie geralmente possui crescimento rápido, mas com variações de acordo com o ambiente de crescimento da árvore, pode atingir de 10 a 12 metros de altura com 10 anos de idade (LAMPRECHT, 1990).

A madeira possui boa trabalhabilidade, com densidade básica de $0,54 \text{ g cm}^{-3}$, cerne castanho-amarelado a castanho-escuro e alburno branco-amarelado e textura fina a média. Geralmente sua madeira é utilizada para móveis, objetos de decoração, instrumentos musicais, construção naval, laminados, compensados e na indústria de aviação. Por ser uma árvore ornamental, também pode ser utilizada em praças e paisagismo (INPA, 2005).

A *Swietenia macrophylla* possui durabilidade natural moderada a fungos e térmitas, entretanto, sua durabilidade à faz impermeável ao tratamento com preservativos, logo não deve ser utilizada em contato com o solo ou em condições propícias à deterioração biológica (RIZZINI, 1971).

Apesar da boa qualidade da sua madeira, a *Swietenia macrophylla* é suscetível ao ataque de pragas florestais, dentre as principais que causam prejuízos econômicos ao crescimento e ao desenvolvimento em plantações, destaca-se a *Hypsipyla grandella*, considerada como a principal praga florestal da América Latina e Caribe (HILJE; CORNELIUS, 2001). Apenas uma lagarta de *Hypsipyla grandella* ocasiona danos consideráveis em folhas, fuste e frutos, e com extensa distribuição

geográfica. Porém, o maior dano causado é a perfuração dos brotos, que gera a ramificação do fuste diminuindo o seu valor comercial.

2.2 Resíduos florestais

O resíduo florestal é definido como todo e qualquer material resultante da colheita ou do processamento da madeira ou de outros recursos florestais que permanece sem utilização definitiva ao longo do processo, por limitações tecnológicas e de mercados, sendo descartado durante a produção (NOLASCO, 2000). A utilização de resíduos florestais é uma prática bastante conhecida e viável, comercialmente, em muitos países (HALL et al., 2005).

Os galhos e os ponteiros das árvores que são deixados no campo como resíduos representam cerca de 20% da madeira existente na floresta (BRITO, 1996). A utilização dos resíduos florestais como matéria-prima para gerar novos produtos, agregando valor e inovando o mercado de produtos sólidos, modifica a ideia de que os resíduos servem apenas para geração de energia.

A quantidade de resíduos florestais desperdiçados abrange toda a produção, desde a colheita até a obtenção do produto final, principalmente ao longo da extração das árvores, e a maioria possui grande volume. Muitas pesquisas referentes ao aproveitamento de resíduos têm como objetivo utilizar a madeira descartada durante o processo de desdobro, mas quanto ao processo de colheita, é observado um volume significativo de madeira deixado em campo, que poderá viabilizar um novo processo produtivo (PONTES et al., 2012).

Os galhos das árvores possuem potencial para utilização nas indústrias de madeira serrada, gerando produtos e subprodutos para o mercado. Para isso será necessário, de início, quantificar essa biomassa para conhecer o potencial das galhadas deixadas na floresta (GARCIA, 2011).

O uso de recursos provenientes da floresta e sua importância para o desenvolvimento socioeconômico, têm recebido posição de destaque. Este movimento proporciona uma forte imposição para que os países obtenham estratégias e possibilidades de uso racional dos recursos florestais, por meio de tecnologia adequada às condições regionais, permitindo a redução de desperdícios e da intensidade de exploração, o aumento da rentabilidade, a geração de empregos, e assegurando qualidade ambiental e social (PONTES et al., 2012).

Ao identificar a quantidade e qualidade dos resíduos, deve-se buscar soluções que possam potencializar o seu uso com retorno financeiro. Esta vertente possibilita o volume e a continuidade de fornecimento de matéria-prima para a fabricação de madeira sólida, fibras, produtos engenheirados, painéis, molduras, lâminas, pellets e briquetes, pequenos objetos de madeira e outros.

2.3 Propriedades da madeira de galhos das árvores

O aproveitamento dos galhos das árvores para produção de madeira serrada é uma possibilidade que agrega valor ao resíduo, que antes era vendido na sua forma bruta ou deixado em campo, e passa a ser beneficiado e vendido com valor financeiro superior. As melhorias no aproveitamento de resíduos com o aprimoramento do uso da madeira colaboram na diminuição da possível escassez. Assim, torna-se vantajosa a disseminação da ideia de empregar novas técnicas de classificação e quantificação de resíduos gerados durante a colheita, como os galhos, para transforma-los em subprodutos de maior valor agregado (GARCIA, 2011).

Uma análise das propriedades de densidade, resistência e rigidez no ensaio de flexão estática e resistência à compressão da madeira do fuste e de galhos das espécies Sapele (*Entandrophragma cylindricum*) e mogno africano (*Khaya ivorensis*), foi realizada e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1 (DADZIE et al., 2016).

A madeira de galhos de mogno africano (Tabela 1) obteve resultados satisfatórios quando comparada a do fuste no mesmo teor de umidade, para as propriedades de resistência à flexão (MOR) e à compressão paralela a grã. Apesar da densidade dos galhos ter sido maior que a do fuste, os valores de MOE foram menores na madeira de galhos de ambas as espécies, e do MOR da espécie Sapele, para valores absolutos.

Tabela 1 – Valores médios de densidade, módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR) à flexão estática e resistência à compressão da madeira de tronco e galhos de árvores de Sapele e mogno africano (10% de umidade)

Propriedades	Tipo de madeira	Sapele	Mogno africano
Densidade básica (g m⁻³)	Tronco	0,65	0,50
	Galhos	0,76	0,58
MOE (GPa)	Tronco	10,50	10,23
	Galhos	9,10	9,64
MOR (MPa)	Tronco	101,49	85,48
	Galhos	94,13	101,24
Compressão (MPa)	Tronco	51,37	41,14
	Galhos	64,34	48,00

Fonte: Dadzie et al. (2016), adaptado pelo autor.

3 METODOLOGIA

3.1 Amostragem das árvores

O material foi coletado em plantação comercial da empresa Celeiro Floresta Criativa, a 30 km da cidade de Luziânia, Goiás. A plantação ocupa uma área de 89,7 hectares com 2 idadede, com mudas provenientes de sementes de *Swietenia macrophylla* adquiridas na Região Norte do Brasil. Foram amostradas sete árvores de mogno brasileiro, aos 16 anos de idade, pelo diâmetro médio representativo do talhão e altura comercial, definida na posição da primeira bifurcação, superior a 5 metros. As árvores apresentaram altura total média de 15,09 m e DAP médio de 24,14 cm.

O número de árvores selecionadas em cada talhão foi de acordo com o número de parcelas do inventário florestal, sendo colhida uma árvore por parcela, a cada seis hectares, considerando a área total do plantio. Após a colheita das árvores a madeira do fuste foi destinada a estudos de caracterização e os galhos provenientes da copa.

Retiraram-se toretes de um metro de comprimento e discos de cinco centímetros de espessura dos galhos (Figura 1), os quais foram classificados como finos (< 10 cm de diâmetro com casca) e grossos (> 10 cm de diâmetro com casca). A escolha dos galhos da copa a ser amostrados foi aleatória, porém, para a retirada dos toretes, selecionou-se aqueles com diâmetro maior que 10 cm e boa retidão em até 1,2 m de comprimento. Para comparação das propriedades da madeira do fuste com as dos galhos foram utilizados os discos retirados ao longo do fuste e a tora da região basal das árvores.

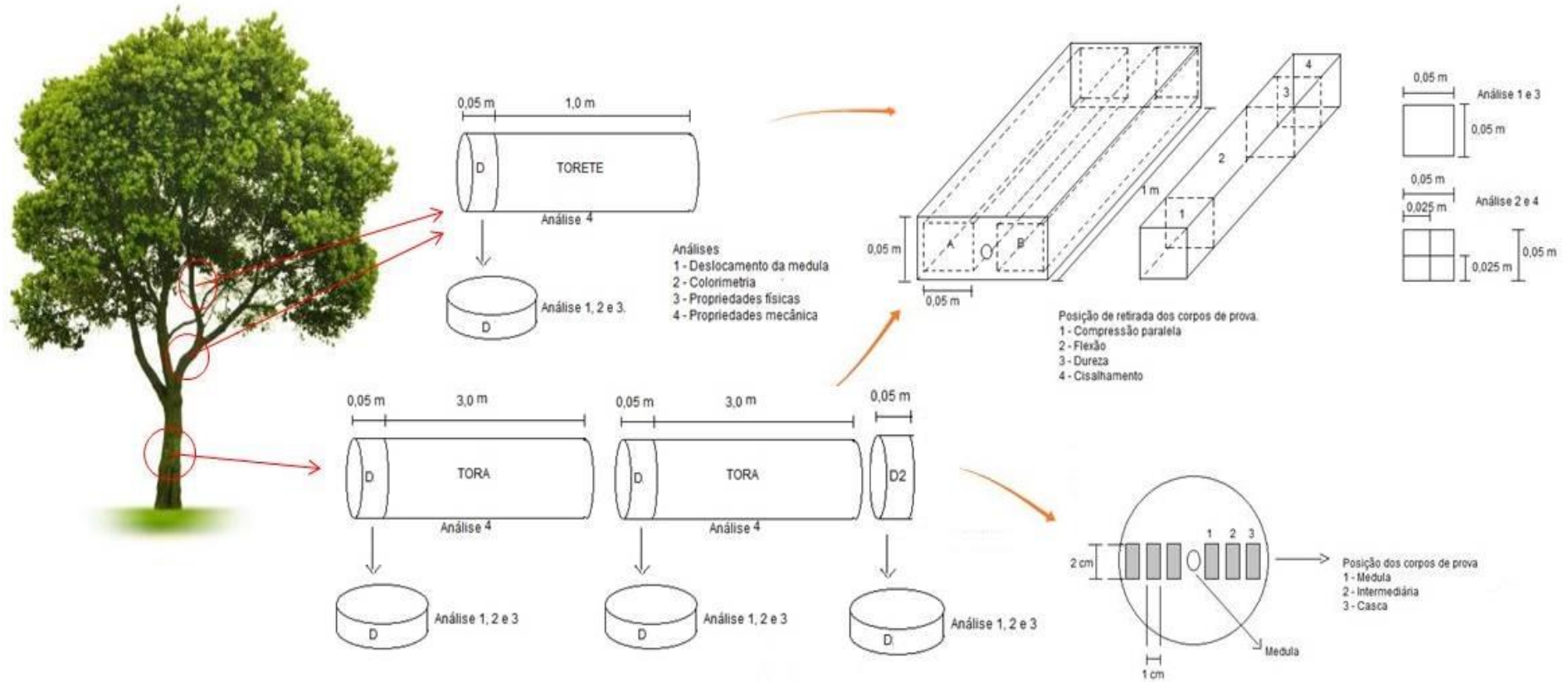


Figura 1 – Esquema de utilização dos galhos e do tronco de árvores de *Swietenia macrophylla*
 Fonte: O autor (2019).

3.2 Deslocamento da medula e propriedades físicas da madeira

O deslocamento de medula foi mensurado pela metodologia proposta por Lima, Garcia e Stape (2007), em que é subtraído o maior raio entre a medula e a circunferência do disco, pelo raio médio. Com a mensuração do deslocamento da medula é possível analisar macroscopicamente a ocorrência de lenho de reação nos galhos.

Foram retiradas amostras orientadas em seis posições no sentido casca-casca, a depender do diâmetro dos discos (Figura 1) para a avaliação da densidade básica, das contrações e inchamentos (longitudinal, radial, tangencial e volumétrico), conforme a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 7190, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1997).

As amostras foram saturadas em um dessecador com água, até atingir massa constante. Foi realizada a mensuração das dimensões axial, radial e tangencial com micrômetro e do volume saturado das amostras pelo método de deslocamento em água sobre balança. Após secagem em estufa ($103 \pm 2^\circ\text{C}$) até a massa constante do material, foi realizada a mensuração da massa, das dimensões secas das amostras e cálculo das contrações e inchamentos lineares e volumétricas. As propriedades físicas da madeira foram classificadas de acordo com critérios da Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação das propriedades físicas da madeira

Propriedade Física	Muito baixa	Baixa / leve ¹	Média	Alta / pesada ¹	Muito alta	Autor
Densidade básica (g cm ⁻³)	-	< 0,50	0,50 – 0,80	> 0,80	-	Nennewitz et al. (2008)
Contração radial (%)	0 – 2,0	2,1 – 3,0	3,1 – 4,0	4,1 – 5,0	≥ 5,1	Barcenas (1985)
Contração tangencial (%)	0 – 3,5	3,6 – 5,0	5,1 – 6,5	6,6 – 8,0	≥ 8,1	
Contração volumétrica (%)	0 – 5,5	5,6 – 8,0	8,1 – 10,5	10,6 – 13,0	≥ 13,1	
Fator anisotrópico	-	1,0 – 1,7	-	1,71 – 2,3	≥ 2,3	

¹ Classificação para densidade da madeira.

3.3 Colorimetria da madeira

Para a avaliação dos parâmetros colorimétricos da madeira dos galhos foi utilizado o sistema da *Commission Internationale de l'Eclairage* - CIEL*a*b (1976), configurado pelos parâmetros colorimétricos luminosidade (L^*) no eixo preto - branco, a qual varia de 0 a 100, matiz do eixo verde - vermelho (a^*) e matiz do eixo azul - amarelo (b^*), ambos variando entre -60 e +60 (BARROS; MUNIZ; MATOS, 2014; GARCIA et al., 2014). A saturação (C), com variação de 0 a 60, e o ângulo de tinta (h^*) abrangendo entre 0° e 360° .

A aquisição dos parâmetros da cor da madeira foi feita com o espectrofotômetro portátil CM 2500 D (KONICA MINOLTA, 1998), mediante três leituras diretas em amostras do sentido casca - casca dos discos em umidade de equilíbrio (Figura 1). As superfícies das amostras foram lixadas com lixas de granulometria 60 e 100. O diâmetro de desobstrução da área de iluminação do aparelho foi de 3 mm (“SAV – *Small Area View*”), com iluminante padrão D65 e ângulo de observação de 10° . Para as leituras, o equipamento foi calibrado no padrão preto conforme as indicações do fabricante, e para o padrão branco foi utilizada placa de calibração específica do equipamento.

3.4 Propriedades mecânicas da madeira

No preparo das amostras para avaliação da resistência mecânica do material (Figura 1) foram utilizados pranchões diametrais (8 cm de espessura) obtidos das toras da base das árvores e dos toretes dos galhos.

Para preparo das amostras e os procedimentos dos ensaios realizados em máquina universal, utilizou-se a norma *American Society for Testing and Materials* – ASTM D 143 (2014). Os valores obtidos para todas as propriedades foram corrigidos para 12% de umidade (NBR 7190) e classificados conforme o método desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (2018) (Tabela 3).

Propriedades (MPa)	Baixo	Médio	Alto
Módulo de ruptura (MOR)	< 64,90	64,90 - 68,30	> 68,30
Módulo de elasticidade (MOE)	< 9.414,30	9.414,3 - 12.846,0	> 12.846,0
Compressão paralela às fibras	< 29,22	29,22 - 48,24	> 48,24
Cisalhamento	< 7,60	7,60 - 11,47	>11,47
Dureza paralela às fibras	< 35,69	35,70 - 78,6	> 78,60

Fonte: IBAMA (2018).

3.5 Análises estatísticas

Os dados de deslocamento de medula, cor, propriedades físico-mecânicas da madeira de galhos por classes diamétricas e do fuste foram comparados utilizando o Teste t de Student. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Para todos os testes foi utilizado o nível de 5% de significância e no software *SigmaPlot* 13.0[®].

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Deslocamento de medula dos galhos

Foi observado que os galhos finos apresentaram deslocamento de 0,56 cm, enquanto os galhos grossos 0,77 cm, a média geral foi de 0,68 cm. O deslocamento da medula dos galhos não diferiu estatisticamente entre si, apesar de apresentar aumento com o incremento diamétrico. Em um estudo realizado com *Eucalyptus grandis* foi constatado que o deslocamento da medula não foi influenciado pela classe diamétrica (LIMA; GARCIA; STAPE, 2007).

O deslocamento de medula um pouco mais acentuado nos galhos grossos, pode ser explicado pelo fato de os galhos de maior diâmetro suportarem maiores massas e esforços e terem maior área de contato à ação dos ventos na plantação, ocasionando a formação de madeira de reação.

Madeiras com a presença de medula excêntrica são mais suscetíveis ao empenamento e a formação de fendas entre os anéis de crescimento, além de serem de difícil processamento mecânico, sendo necessário o posicionamento correto para o desdobro, o que altera a eficiência operacional (GROSSER, 1980). Porém, os valores obtidos de deslocamento para o material avaliado são considerados baixos, logo a característica não influencia negativamente o seu processamento e utilização.

4.2 Cor da madeira de galhos

A cor da madeira de galhos de mogno brasileiro é cinza rosado ao considerar a média dos parâmetros (Figura 1) e de acordo com a classificação de Camargos e Gonzales (2001). Na comparação da colorimetria entre a madeira de galhos grossos e finos não houve diferença significativa, apresentando alto valor para o parâmetro de luminosidade (L^*), e maior concentração do matiz amarelo, que resultou em alto valor do ângulo da tinta (h^*), o que contribui para uma coloração mais clara (Figura 2).

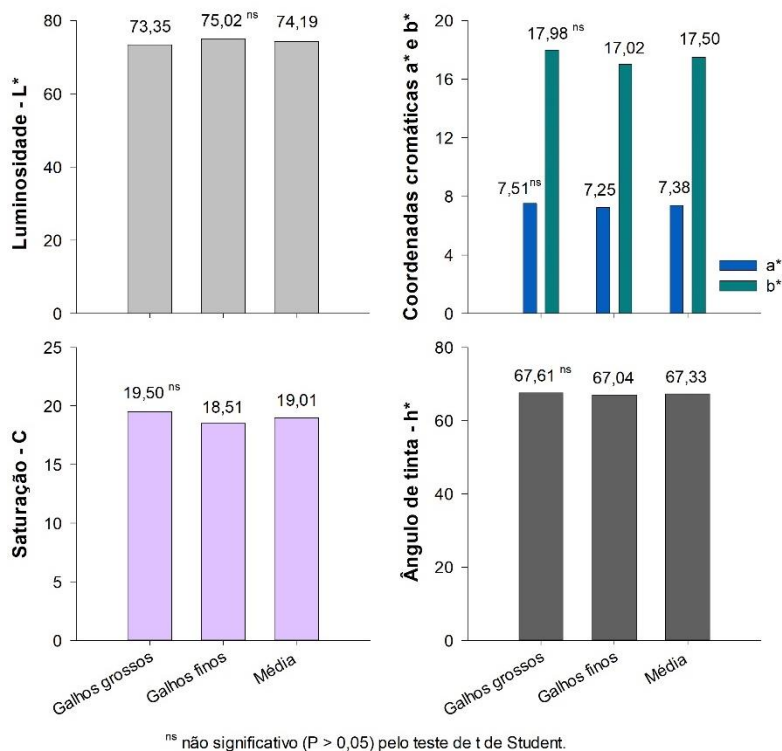


Figura 2 – Parâmetros colorimétricos da madeira dos galhos finos (< 10 cm de diâmetro com casca) e grossos (>10 cm de diâmetro com casca) de árvores de *Swietenia macrophylla* aos 16 anos de idade

Fonte: A autora, (2019).

Analisando a madeira do fuste de *Swietenia macrophylla* foram obtidos valores de L* 55,48, a* 19,23, b* 29,41, C 35,20 e h* 56,64. Pela classificação de Camargos e Gonzalez (2001), a madeira foi considerada amarela amarronzado, enquanto dos galhos foi classificada como rosa acinzentado (AUTRAN; GONÇALEZ; 2006). A diferença da coloração dos galhos demonstra que alguns extrativos que são funcionais na formação da cor característica do lenho ainda podem não ter sido formados ou ter baixa ocorrência.

A cor da madeira é variável, podendo ser modificada por vários fatores, tais como: raios solares, temperatura, teor de umidade, reações químicas e por degradação causada por organismos xilófagos. Essa variação está associada à anatomia da madeira que exerce considerável interferência na formação da sua cor (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001).

4.3 Propriedades físicas da madeira

A densidade da madeira de galhos finos e grossos de *Swietenia macrophylla*, na idade de 16 anos (Tabela 4), não diferiu significativamente entre as duas classes

diamétricas. A madeira dos galhos foi classificada como de média densidade, segundo classificação proposta por Nennewitz et al. (2008).

Tabela 4 – Propriedades físicas da madeira dos galhos finos (< 10 cm) e grossos (> 10 cm) de árvores de *Swietenia macrophylla* aos 16 anos de idade

Material	DB (g cm ⁻³)	CA (%)	CR (%)	CT (%)	CV (%)	FA	IA (%)	IR (%)	IT (%)	IV (%)
Galhos finos	0,511 ns	0,58 ns	4,68 ns	6,37 ns	11,26 ns	1,38 ns	0,59 ns	4,92 ns	6,84 ns	12,76 ns
Galhos grossos	0,513	0,51	4,44	5,91	10,55	1,36	0,51	4,66	6,29	11,81
Média	0,512	0,54	4,55	6,12	10,88	1,37	0,55	4,78	6,54	12,25
Classe ¹ - galhos	Média	-	Alta	Média	Alta	Baixo	-	Alto	Médio	Alto

DB: Densidade básica; CA: Contração axial; CR: Contração radial; CT: Contração tangencial; CV: Contração volumétrica; FA: Fator anisotrópico; IA: Inchamento axial; IR: Inchamento radial; IT: Inchamento tangencial; IV: Inchamento volumétrico.

¹ Classificação de Barcenas (1985) e Nennewitz et al. (2008).

^{ns} não significativo (P > 0,05) pelo teste t de Student.

Fonte: A autora, (2019).

Mesmo não havendo diferença entre as classes diamétricas, os galhos grossos são de maior potencial de uso devido as suas dimensões. Não houve diferença estatística na contração axial, radial, tangencial e volumétrica da madeira de galhos finos e grossos. As maiores alterações dimensionais ocorrem no sentido tangencial, seguido pela dimensão radial, sendo praticamente desprezível no sentido axial (DURLO; MARCHIORI, 1992).

As contrações foram classificadas como médias a altas, sendo assim, é necessário buscar amenizar o efeito das contrações tomando medidas como a secagem da madeira até a umidade de equilíbrio na qual será utilizada e protegendo a superfície com aplicação de produtos de acabamento como ceras, vernizes, tintas, entre outros produtos.

A estabilidade dimensional da madeira é o fator anisotrópico, o mesmo é definido pela relação entre as contrações tangencial e radial (OLIVEIRA; SILVA, 2003). O baixo fator anisotrópico, para a madeira de galhos de *Swietenia macrophylla*, tende a minimizar possíveis defeitos e proporcionar maior estabilidade dimensional ao material.

O inchamento é o inverso da contração, ou seja, a água é adsorvida pela madeira, causando o afastamento das microfibrilas e o conseqüente inchamento da

peça como um todo (LORENÇON et al., 2013). Não houve diferença estatística dessa propriedade nas duas classes diamétricas da madeira dos galhos. O inchamento foi classificado entre médio e alto, com isso, indicando que a madeira dos galhos de *Swietenia macrophylla* não são apropriados para utilização em produtos que fique expostos à umidade ou tenham contato com à água.

Tabela 5 – Propriedades físicas da madeira de galhos e do fuste de árvores de *Swietenia macrophylla* aos 16 anos de idade

Material	DB (g cm ⁻³)	CA (%)	CR (%)	CT (%)	CV (%)	FA	IA (%)	IR (%)	IT (%)	IV (%)
Galhos	0,514 *	0,52 ns	4,57 *	6,17 ns	10,92 ns	1,38 *	0,52 ns	4,80 *	6,60 ns	12,30 *
Fuste	0,485	0,41	3,86	5,88	10,16	1,58	0,41	4,03	6,25	10,70
Classe - fuste ¹	Leve	-	Média	Média	Média	Baixo	-	Médio	Médio	Alto

DB: Densidade básica; CA: Contração axial; CR: Contração radial; CT: Contração transversal; CV: Contração volumétrica; FA: Fator anisotrópico; IA: Inchamento axial; IR: Inchamento radial; IT: Inchamento transversal; IV: Inchamento volumétrico.

¹ Classificação de Barcenas (1985) e Nennewitz et al. (2008).

ns não significativo ($P > 0,05$) e * significativo ($P < 0,05$) pelo teste de t de Student.

Fonte: A autora, (2019).

A média da densidade básica dos galhos foi comparada com a da madeira do fuste de *Swietenia macrophylla* na mesma idade. Houve diferença significativa de 5,97% entre a densidade básica da madeira destes materiais, sendo os galhos mais densos, o que pode ser explicado devido a ocorrência de madeira de reação (Tabela 5).

Foi observado em estudo que os valores de densidade da madeira do fuste e dos galhos de *Swietenia macrophylla* foram de 0,502 e 0,581 g cm⁻³, respectivamente (DADZIE et al., 2016). Portanto, é possível notar na espécie maior densidade foi obtida na madeira de galhos.

Analisando os valores determinados para fuste e galhos é possível observar que eles seguem um mesmo padrão nas alterações dimensionais. Porém, na contração radial e fator anisotrópico houve diferença significativa, sendo a contração radial maior 0,71% em valores absolutos e o fator anisotrópico menor 14,49% nos galhos.

Em relação a espécies tradicionais, foi avaliado a contração da madeira de sete espécies de eucalipto, as médias de contração volumétrica tiveram variação de

15,9% a 27,2% (OLIVEIRA et al., 2010). Para a madeira de *Pinus maximinoi* e *Pinus taeda*, obteve contração volumétrica máxima, de 9,1 e 10,5% (POTULSKI, 2010).

Apesar de os galhos apresentarem menor fator anisotrópico, não é possível afirmar que o mesmo seja mais estável dimensionalmente, pois para Chies (2005) o fator anisotrópico, se analisado separadamente pode causar uma falsa sensação de estabilidade. É necessário considerar os valores de contração tangencial e radial, pois quando elevados revelam uma madeira com alta instabilidade dimensional. As contrações e inchamentos da madeira de galhos são classificados como médio a alto, porém seu fator anisotrópico é baixo, o que pode gerar um erro de interpretação se avaliado apenas o fator anisotrópico.

Houve diferença significativa de 0,77% e 1,60% em valores absolutos no inchamento radial e volumétrico, respectivamente, entre a madeira dos galhos e do fuste. Tanto para a madeira de galhos, quanto do fuste o inchamento volumétrico foi classificado como alto. A contração volumétrica da madeira dos galhos foi classificada como alta, enquanto a do fuste como média. Porém não é possível afirmar que a madeira dos galhos é mais instável dimensionalmente que a do fuste, pois o material analisado é de madeira juvenil e há presença de tensões de crescimento.

Há uma relação entre densidade e a contração e inchamento volumétrico, quanto maior a densidade da madeira, maiores são as contrações e o inchamento volumétrico (KOLLMANN; CÔTÉ JÚNIOR, 1968). Com isso é possível explicar o aumento da contração e inchamento, já que a densidade dos galhos é maior que a do fuste.

4.4 Propriedades mecânicas da madeira

Os valores médios do MOE e MOR foram superiores na madeira de galhos, apesar de não ter sido constatada diferença significativa entre as médias da madeira do fuste e dos galhos. Também não houve diferença significativa da resistência à compressão paralela às fibras entre a madeira do fuste e dos galhos (Tabela 6).

Tabela 6 – Propriedades mecânicas da madeira (12% de umidade) de galhos e do fuste de árvores de *Swietenia macrophylla* aos 16 anos de idade

Material	fc0 (MPa)	fv0 (MPa)	Flexão estática	
			MOR (MPa)	MOE (MPa)
Galhos	42,41 ^{ns}	10,95 [*]	78,21 ^{ns}	8965,86 ^{ns}
Fuste	42,82	8,14	77,14	8341,72
Classe ¹	Média	Média	Alto	Baixo

fc0: resistência à compressão paralela as fibras; fv0: resistência ao cisalhamento; MOR: módulo de ruptura e MOE: módulo de elasticidade.

¹ Classificação de IBAMA (2018).

^{ns} não significativo ($P > 0,05$) e ^{*} significativo ($P < 0,05$) pelo teste de t de Student.

Fonte: A autora, (2019).

A resistência ao cisalhamento (Tabela 6) foi maior na madeira de galhos (aumento de 34,52%), apresentando diferença estatística em relação a do fuste, e pode ser explicada pelo tipo e inclinação da grã e/ou densidade.

A madeira dos galhos e do fuste podem ser enquadrados nas mesmas classes de resistência e rigidez. A madeira de *Swietenia macrophylla* possui resistência à compressão e ao cisalhamento classificado como média, alto módulo de ruptura e baixo módulo de elasticidade (IBAMA, 2018). Estes resultados determinam alguns condicionantes da madeira dos galhos de *Swietenia macrophylla* para usos como estruturas, que é necessário madeira de elevado módulo de elasticidade, ou outras utilizações que concentrem cargas elevadas. Os galhos são propícios para serem utilizados em outras aplicações, como móveis, molduras, pequenos objetos, marcenaria leve, entre outros.

A resistência à compressão paralela da madeira de mogno africano foi superior nos galhos em relação ao fuste (DADZIE et al., 2016), diferentemente dos dados obtidos no presente trabalho. O MOE da *Swietenia macrophylla* foi superior na madeira de galhos, em valores absolutos, diferente dos resultados observados no mogno africano. Entretanto, os valores de MOR foram superiores na madeira dos galhos, em ambos os trabalhos. Este mesmo comportamento para a resistência no ensaio de flexão estatística pode ser explicado por semelhanças entre as espécies, que são da mesma família.

5 CONCLUSÃO

O deslocamento de medula dos galhos não alterou com as classes diamétricas e foi considerado pequeno. A cor da madeira dos galhos foi classificada como cinza rosado, não alterou com as classes diamétricas e foi diferente da observada na madeira do fuste.

A densidade básica, contração e inchamento radial, inchamento volumétrico e resistência ao cisalhamento foram maiores na madeira dos galhos, quando comparada a do fuste. Entretanto, o fator anisotrópico foi maior na madeira do fuste.

Apesar de algumas limitações nas dimensões, forma e retidão e baixo módulo de elasticidade, possui características interessantes que possibilitam o seu uso de forma mais eficiente, como produtos sólidos. De acordo com suas propriedades ela pode ser utilizada na produção de componentes de móveis, molduras, artesanatos, pequenos objetos, miolo de compensado sarrafeado e marcenaria leve.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **ASTM D 143**: standard test methods for small clear specimens of timber. Annual Book of Standards. West Conshohocken, 2014. 31 p.

ARÉVALO, R. L. F. **Influence des composantes secondaires et de la structure anatomique sur les propriétés physico-mécaniques du bois d'acajou (*Swietenia macrophylla* king)**. 2002. 167 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Laval, Quebec, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

BÁRCENAS, G. **Recomendaciones para el uso de 80 maderas de acuerdo con su estabilidad dimensional**. Xalapa, México: Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB), Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera (LACITEMA). 1985.

BARROS, S. V.; MUNIZ, G. I. B.; MATOS, J. L. M. Caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da Amazônia. **Cerne**, v. 20 n. 3, p. 337-342, 2014.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 665-674, out-dez., 2010.

BRAZ, R. L.; OLIVEIRA, J. T. S.; RODRIGUES, B. P.; ARANTES, M. D. C. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Toona ciliata* em diferentes idades. **Floresta**, v.43, n.4, p. 663-670, 2013.

BRAZ, L. R.; NUTTO, L.; BRUNSMEIER, M.; BECKER, G.; SILVA, D. A. da. Resíduos da colheita florestal e do processamento da madeira na Amazônia - uma análise da cadeia produtiva. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v. 5, n. 2, p. 168-181, maio 2014.

BRITO, E. O. Estimativa da produção de resíduos na indústria brasileira de serraria e laminação. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 4, n. 26, p. 34-39, 1996.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, n. 71, p. 30-41, 2001.

CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da Madeira serrada de *Pinus taeda* L.** 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

DADZIE, P. K.; AMOAH, M.; FRIMPONG-MENSAH, K.; OHENEBA-KWARTENG, F. Some physical, mechanical and anatomical characteristics of stemwood and

branchwood of two hardwood species used for structural applications. **Materials and Structures**, v. 49, n.12, p. 4947-4958, 2016.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira: retratibilidade**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33 p.

GARCIA, I. M. W. **Quantificação e Rendimento de Resíduos Aproveitáveis para Madeira Serrada da Copa das Árvores Provenientes de Exploração Florestal**. 2011. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2011.

GARCIA, R. A.; OLIVEIRA, N. S.; NASCIMENTO, A. M.; SOUZA, N. D. Colorimetria de madeiras dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* e sua correlação com a densidade. **Cerne**, v. 20, n. 4, p. 509-517, 2014.

GROSSER, D. **Defeitos de madeira**. Curitiba: Fupef, 1980. 62 p.

HALL, D. O.; HOUSE, J.I.; SCRASE, I. Visão geral de energia e biomassa. In ROSILLO-CALE; BAJAY; ROTHMAN. **Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira**. Campinas, São Paulo: Editora da UNICAMP, 2005.

HILJE, L.; CORNELIUS, J. **¿Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga forestal?**. Turrialba: CATIE - Manejo Integrado de Plagas, 61, 2001. 4 p. (Hoja Técnica, 38).

HITTLER, C. R.; FREESE, F.; SMITH, D. M. Relationships in black walnut heartwood between color and other physical and anatomical characteristics. **Wood and Fiber Science**, v. 4, n. 1, p. 38-42, 1972.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Banco de dados de madeiras brasileiras**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/resultado.php?idioma=portugues>>. Acesso em: 10 out. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA. 2005. **Informativo técnico rede de sementes da Amazônia: Mogno**. Disponível em: <https://www.inpa.gov.br/sementes/iT/8_Mogno.pdf>. Acesso em: 10 nov 2018.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ JUNIOR, W. A. **Principles of Wood Science and Technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1968. 592 p.

KONICA MINOLTA SENSING Inc. **Comunicação precisa da cor: controle de qualidade da percepção à instrumentação**, 1998. 59 p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de toras de *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 170-177, 2007.

LOBÃO, M. S.; LÚCIA, R. M. D.; MOREIRA, S. S. S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 889-894, 2004.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. 5. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1995. 720 p.

LOURENÇON, T.; GATTO, D.; MATTOS, B.; DELUCIS, R. Propriedades físicas da madeira de *Corymbia citriodora* no sentido radial. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 99, p. 369-375, 2013.

MININI, D. **Qualidade da madeira de mogno brasileiro proveniente de plantios homogêneos para a produção de serrados**. 2016. 41f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2016.

NENNEWITZ, I.; NUTSCH, W.; PESCHEL, P.; SEIFERT, G. **Manual de Tecnologia da Madeira**. São Paulo: Blucher, 2008. 354 p.

NOLASCO, A. M. **Resíduos da colheita e beneficiamento da caixeta – *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC.**: caracterização e perspectiva. 2000. 171 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

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

POTULSKI, D. C. **Densidade e retratibilidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore e *Pinus taeda* L.** Engenharia Industrial madeireira UFPR Curitiba- Paraná 2010.

PONTES, S. M. A.; AFONSO, D. G.; NASCIMENTO, D. L. Análise comparativa das propriedades físico-mecânicas da madeira de galho e fuste de 02 espécies florestais com potencial madeireiro. In: **IV Congresso Florestal Paranaense**. Curitiba UFPR, 2012. Disponível em: <<http://malinovski.com.br/CongressoFlorestal/Trabalhos/06-Tecnologia/TPF-Artigo-02.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

REBOLETO, I. D. **Propriedades físico-mecânicas da madeira de mogno brasileiro proveniente de plantios homogêneos**. 2016. 38 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2016.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. São Paulo: Blücher, 1971. 294 p.

SANTOS, R. A.; TUCCI, C. A. F.; HARA, A. S.; SILVA, W. G.; Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica**, v. 38, n. 3, p. 453-458, 2008.

SATO, S. A. S.; LOOSE, C. E.; ALEIXO, A. D.; OLIVEIRA, N. D. A.; THOMAZIN, M. S. S. **Gestão sustentável dos produtos florestais madeiráveis: um estudo a partir das indústrias madeireiras de Pimenta Bueno (RO)**. Disponível em: <<http://www.engema.org.br/XVIENGEMA/193.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

SHARMIN, A.; ASHADUZZAMAN, M.; SHAMSUZZAMAN, M. Variations of the Physical and Mechanical Wood Properties of *Swietenia macrophylla* in Mixed and Monoculture Plantations. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 2, p. 692-697, 2015.